

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de: INGENIERO  
AMBIENTAL**

**TEMA:  
ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA, PARA LA SECRETARÍA  
DEL AGUA PLANTA CENTRAL QUITO**

**AUTOR:  
JUAN PABLO GUAMÁN ERAS**

**TUTOR:  
RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO**

**Quito, junio del 2018**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Juan Pablo Guamán Eras, con documento de identificación N° 110393863-3, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA, PARA LA SECRETARÍA DEL AGUA PLANTA CENTRAL QUITO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Pablo Guamán Eras

110393863-3

Junio 2018

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, “ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA, PARA LA SECRETARÍA DEL AGUA PLANTA CENTRAL QUITO”, realizado por Juan Pablo Guamán Eras, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio de 2018



.....

Ronnie Xavier Lizano Acevedo

171429158-8

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis metas.

A mis padres Francisco y Fany que con su amor y cariño incondicional me mostraron el camino hacia la perseverancia y la superación.

A mis hermanos y sobrina Fany, Tania, Carlos, Diego y Sofía que con sus gestos y palabras de aliento me enseñaron a nunca rendirme.

A mi tía Teresa, por su apoyo incondicional durante los años de mi formación universitaria.

De manera muy especial para el gran amor, motor de mi vida y mi principal motivación mi hijo Pablito que es mi orgullo, quien a su corta edad con sus sonrisas y ocurrencias me ha enseñado y me sigue enseñando muchas cosas buenas de la vida.

**Juan Pablo**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a:

La Universidad Politécnica Salesiana la cual me abrió sus puertas durante mi formación profesional.

A la carrera de Ingeniería Ambiental y a todo su cuerpo docente, quienes han sido un pilar fundamental para mi educación, a mi tutor Ronnie Lizano por transmitirme sus conocimientos y brindarme su apoyo durante esta etapa, al Ing. Lenin Ramírez quien fue mi guía en este proceso de investigación.

A la Secretaría del Agua por permitirme realizar mi tema de investigación dentro de sus instalaciones y ser mi institución guía en la preservación y conservación del recurso hídrico.

A la Subsecretaría Social y de Articulación del Recurso Hídrico y a cada uno de los compañeros(as) de esta área por aportar y apoyar técnicamente al desarrollo y enriquecimiento de este proyecto.

A Cristian Iza, Malluri Tituaña y Fernanda Guillén mis tutores de la Secretaría del Agua por su constante apoyo, orientación, comentarios y sugerencias para la elaboración de este proyecto de investigación.

**Juan Pablo**

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo general.- .....	3
2.2	Objetivos específicos.- .....	3
3.	MARCO TEÓRICO .....	4
3.1	Escasez de agua .....	4
3.2	Cambio climático.....	5
3.3	Contaminación del agua.....	6
3.4	Inequidades del agua.....	7
3.5	Calidad del agua.....	8
3.6	Agua Virtual .....	9
3.7	Huella hídrica.....	9
3.7.1	Huella Hídrica Azul.....	11
3.7.2	Huella Hídrica Gris .....	11
3.7.3	Huella Hídrica Verde.....	12
3.8	Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica .....	13
3.8.1	Dimensión ambiental.....	13
3.8.2	Dimensión social .....	13
3.8.3	Dimensión económica .....	13
3.9	Soluciones para la reducción de Huella Hídrica.....	14
3.9.1	Soluciones Sanitarias.....	14

3.9.2	Soluciones Administrativas .....	15
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
4.1	METODOLOGÍA .....	16
4.1.1	Área de estudio .....	16
4.1.2	Levantamiento de información .....	17
4.1.3	Actividades y productos con mayor impacto sobre los recursos hídricos .....	18
4.1.4	Muestreo .....	22
4.1.5	Análisis en laboratorio .....	23
4.1.6	Calculo de la Huella Hídrica Azul .....	23
4.1.7	Calculo de la Huella Hídrica Gris .....	24
4.1.8	Calculo de la Huella Hídrica Verde .....	24
4.1.9	Sensibilización para el uso del agua .....	25
4.1.9	Calculo de la Huella Hídrica Total .....	25
4.2	Evaluación de sostenibilidad de la huella hídrica .....	25
4.3	Microcuenca del Río Pita .....	26
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
5.1	Huella Hídrica Directa .....	28
5.1.9	Calculo de la Huella Hídrica Azul .....	28
5.1.10	Calculo de la Huella Hídrica Gris .....	31
5.1.11	Calculo de la Huella Hídrica Verde .....	32
5.2	Huella Hídrica Indirecta .....	33

5.2.9	Huella Hídrica Energía Eléctrica.....	33
5.2.10	Huella Hídrica del papel .....	34
5.2.11	Huella Hídrica productos de cafetería .....	35
5.3	Huella Hídrica Total .....	36
5.4	Huella Hídrica Per Cápita por funcionario de la Secretaría del Agua .....	37
5.5	Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica.....	38
5.5.9	Evaluación de la sostenibilidad HH Azul.....	38
5.5.10	Sostenibilidad de la Huella Hídrica Gris .....	42
5.6	Reducción de descargas .....	46
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
6.1	Conclusiones.....	49
6.2	Recomendaciones .....	50
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	51
8.	ANEXOS.....	55



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Huella Hídrica de la Secretaría del Agua .....	10
Tabla 2 Productos con alta huella hídrica en la Secretaría del Agua .....	18
Tabla 3 Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> en la Secretaría del Agua. ....	19
Tabla 4 Consumo de luz eléctrica por la Secretaría del Agua.....	20
Tabla 5 Uso de papel de impresión Secretaría del Agua.....	21
Tabla 6 Materiales de muestreo.....	22
Tabla 7 Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> .....	28
Tabla 8 Afluente .....	29
Tabla 9 Número de personas encuestadas por área .....	29
Tabla 10 Efluente .....	31
Tabla 11 Resultados DBO5 .....	32
Tabla 12 Potencia nominal de Generación de Energía Eléctrica .....	33
Tabla 13 Huella Hídrica de la Energía consumida dentro de la Secretaría .....	34
Tabla 14 Huella Hídrica del papel de impresión .....	35
Tabla 15 Huella Hídrica del café y té.....	35
Tabla 16 Huella Hídrica Per Cápita por funcionario de la Secretaría en m <sup>3</sup> .....	37
Tabla 17 Escorrentía promedio mensual de la microcuenca del Río Pita, para el año 2017, requerimiento ambiental y disponibilidad de agua en m <sup>3</sup> .....	39
Tabla 18 Índice de escasez de agua .....	40
Tabla 19 Escorrentía promedio mensual de la microcuenca del Río Machangara, para el año 2017, requerimiento ambiental y disponibilidad de agua en m <sup>3</sup> .....	43
Tabla 20 Nivel de contaminación de la microcuenca del Río Machángara. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fases de la evaluación de Huella Hídrica .....	16
Figura 2 Ubicación Secretaría del Agua.....	17
Figura 3 Descargas de volumen de agua por procesos.....	30
Figura 4 Porcentaje de Huellas Hídricas dentro de la Secretaría del Agua.....	36
Figura 5 Huella Hídrica Per Cápita Institucional .....	38
Figura 6 Índice de escasez de agua .....	40
Figura 7 Precipitación para el año 2017 de la microcuenca del Río Pita.....	41
Figura 8 Escorrentía para el año 2017 de la microcuenca del Río Pita.....	42
Figura 9 Relación escorrentía - precipitación.....	42
Figura 10 Sostenibilidad Huella Hídrica Gris .....	44
Figura 11 Mapa base microcuencas Pita y Machangara .....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Encuesta realizada vía online.....	55
Anexo 2 Balance Nacional de Energía Eléctrica 2017.....	57
Anexo 3 Ubicación de la última caja de revisión para toma de muestras .....	57
Anexo 4 Toma de muestras .....	58
Anexo 5 Resultados de laboratorio del CICAM .....	58
Anexo 6 Pruebas en laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana .....	59
Anexo 7 Análisis en software Hydraccess precipitación de la microcuenca Río Pita.....	59
Anexo 8 Análisis en software Hydraccess precipitación de la microcuenca Río Machangara .....	60
Anexo 9 Sistema simple ahorro de agua .....	60
Anexo 10 Ahorro de agua con implementación de sistema .....	61
Anexo 11 Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas pertenecientes a las microcuencas Pita y Machángara.....	62

## **RESUMEN**

En Ecuador la institución rectora del recurso hídrico es la Secretaría del Agua, por consiguiente es indispensable desarrollar junto a esta institución indicadores para el uso sustentable del agua, entre ellos la Huella Hídrica (HH), este indicador analiza, describe y cuantifica el uso directo e indirecto del consumo del recurso hídrico dentro de la institución, ya sea por actividades, insumos o servicios requeridos por los funcionarios.

El proyecto investigativo tuvo como objetivo calcular la HH institucional para el año 2017 de la Secretaría del Agua, se aplicó la metodología desarrollada por Hoekstra, 2011 de la Water Footprint Network (WFN), en sus cuatro fases de estudio: Establecimiento de objetivos, contabilidad de la huella hídrica, evaluación de la sostenibilidad y formulación de la respuesta.

Con el objetivo de reducir la huella hídrica de la institución, en la fase final del proyecto se plantearon e implementaron estrategias que garantizan la disminución del uso y consumo del recurso agua.

El estudio identificó que la mayor HH se encuentra concentrada en el consumo de energía eléctrica, adicionando un alto consumo de café, té y agua de botellón y un poco concientización de la optimización de papel bond.

El estudio realizado evidencia que en nuestro país las instituciones que deben promover el uso eficiente del recurso hídrico no aplican internamente practicas eficientes que permitan disminuir el consumo de recursos, y por ende garantizar la permanencia de recursos naturales a futuras generaciones.

## **ABSTRACT**

In Ecuador, the Secretariat of Water is the governing body of water resources, it is therefore essential to develop indicators for sustainable use of water, including the Water Footprint (HH) next to this institution, this indicator examines, describes and quantifies the direct and indirect use of consumption of water resources within the institution, either by activities, supplies or services required by the officials.

The investigative project aimed to calculate the institutional HH for the year 2017 for Secretariat of Water, applied the methodology developed by Hoekstra, 2011 on the Water Foot Print Network (WFN), in four phases of study: establishment of objectives, accounting of water footprint sustainability assessment and formulation of response.

With the aim of reducing the water footprint of the institution, in the final phase of the project raised and implemented strategies that guarantee the reduction of the use and consumption of the resource water.

The study identified that the largest HH is concentrated in electricity consumption, adding a high consumption of coffee, tea and water bottle and a little awareness of the optimization of bond paper.

The study shows that in our country the institutions that should promote the efficient use of water resources do not apply practices efficient to allow reducing the consumption of resources, and thus ensure the permanence of natural resources to future generations.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La actual Constitución del Ecuador en el artículo 12 indica: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, en su propuesta consolidada y consensuada de los indicadores ambientales y de sustentabilidad para el monitoreo de las metas ambientales propuestas en el Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2013-2017 menciona en su Objetivo N° 7: “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, con pertinencia cultural y justicia” en la Política N° 7.6: menciona “Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos, para asegurar el derecho humano al agua”, en este análisis SENPLADES plantea la importancia de indicadores de buen uso y sustentabilidad del recurso hídrico, como es la huella hídrica, y propone que la institución responsable de desarrollar el indicador sea la Secretaría del Agua. (Secretaría del Agua, 2016)

La disponibilidad de agua dulce a nivel global cada vez va en descenso, principalmente por diversos factores los cuales disminuyen la cantidad teórica que podría ser consumida, entre los factores tenemos la contaminación de los cuerpos hídricos, el crecimiento de la población, calentamiento global y la distribución irregular del recurso. (Hoekstra, 2002)

La población a nivel global va en crecimiento exponencial lo cual implica el aumento en la presión hacia los recursos naturales, con el fin de alcanzar la demanda de los mismos hacia la población.

La importancia de la Huella Hídrica (HH) radica la medición del volumen total de agua dulce consumido por parte de un sector, empresa, institución, ciudad, país etc. para plantear soluciones para la conservación del recurso tan valioso como lo es el agua. Dentro de la Secretaría del Agua la Importancia radica en el reconocimiento de los impactos del accionar humano en los sistemas hídricos y la necesidad para desarrollar estrategias para una mejor gestión de este recurso población limitado.

Para realizar el cálculo de la Huella Hídrica se encuentran dos metodologías la primera propuesta por Hoesktra en el Manual de la Water Foodprint (WFP),<sup>1</sup> el cual consta de cuatro fases para su estimación y clasifica al recurso hídrico por colores; azul, verde y gris, tomando en cuenta los impactos que se producen sobre el medio y la segunda mediante la ISO 14046 la cual se fundamenta en el Análisis de Ciclo de Vida, esta se basa en la calidad del agua y no en el impacto ambiental sobre el entorno, esta no estudia la huella hídrica verde ni azul, no permite así la comparación de huellas hídricas como lo propone Hoesktra (FCH, 2016).

Según Garrido y Aldaya la ISO 14046 desideologiza la HH alejándose de la gestión del recurso, además que para estimar impactos más allá del agua se debe incorporar la aplicación de la ISO 14044 para realizar un análisis completo, mientras que el manual de la WFN mantiene el liderazgo en los estudios de impacto, metodologías, influencia en la política del agua. (Garrido & Aldaya, 2015)

Para el estudio realizado para la Secretaría del Agua se utilizará la metodología propuesta en el Manual de la Water Footprint Network debido a que se tomaran en cuenta en el análisis de la sostenibilidad sobre la presión que se tiene sobre las microcuencas de donde se abastece y afecta la Secretaría del Agua.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general.-**

- Calcular la huella hídrica de la Secretaría del Agua Planta Central Quito.

### **2.2 Objetivos específicos.-**

- Analizar actividades y productos que se utilizan en la Secretaría del Agua que generan mayor impacto sobre los recursos hídricos.
- Realizar la estimación de la huella hídrica mediante la metodología propuesta por la Water Footprint Network.
- Sensibilizar a los funcionarios de la Secretaría del Agua, para reducir la huella hídrica mediante estrategias de optimización de los recursos en actividades y productos vinculados con el recurso hídrico.



### **3. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo tratará sobre los temas relacionados al cálculo de la Huella Hídrica Institucional. Se analizarán sus tres componentes que la comprenden HH Azul, HH verde y HH gris. Se estudiarán diferentes conceptos sobre el componente hídrico y la situación de este recurso a nivel global y en el Ecuador.

#### **3.1 Escasez de agua**

Hablamos de escasez de agua cuando la demanda supera el suministro del agua en un lugar determinado. Esta realidad se presenta cuando la demanda es elevada por parte de los diferentes sectores que consumen el recurso con respecto al suministro de agua disponible (FAO, 2013)

En pleno siglo XXI el agotamiento del recurso hídrico es uno de los principales problemas que se afronta a nivel global, el uso del agua ha crecido a un ritmo acelerado, las principales causas es el crecimiento de la tasa poblacional que durante las últimas décadas ha aumentado el consumo de este recurso. (Foro Mundial del Agua, 2015)

Tan solo en la década de los 50 la población mundial alcanzaba alrededor de 2.600 millones de personas, para el año 2017 se estimó un crecimiento de 7,7 mil millones de habitantes. (ONU, 2017). Esto significa que a mayor población mayor incremento en el consumo de los recursos disponibles en el planeta, pues se debe satisfacer las necesidades de las poblaciones presentes.

La escasez del agua, así como el consumo obligan a urbes en crecimiento a importar este recurso de cuencas que se encuentran lejanas a su localización geográfica, esto debido a que las fuentes locales ya sean superficiales o subterráneas ya no logran satisfacer la demanda ya sea por agotamiento o por contaminación de las fuentes.(CONAGUA, 2010)

En el Ecuador existen zonas en donde la única fuente de agua accesible para abastecer a las poblaciones ya sea para consumo o riego son las aguas subterráneas, esto principalmente en cuencas con déficit superficial de este recurso, lo que convierte en un recurso primordial para la seguridad alimentaria y vital dentro de los ecosistemas. (CEPAL, 2011)

En el Distrito Metropolitano de Quito, el sistema de agua potable a más de captar las fuentes de agua cercanas como el Sistema de conducciones Orientales, principalmente el Río Pita, se abastece de fuentes de ríos provenientes del Volcán Cotopaxi, Volcán Antisana y de la Reserva del Antisana. Esto se debe al gran incremento de la población dentro del Distrito Metropolitano de Quito, tan solo en el año 1950 se contaba con una población de 319.221 habitantes, a la actualidad se cuenta con una población de más de 2.5 millones de habitantes. (EPMAPS, 2016)

### **3.2 Cambio climático**

La escasez del agua está relacionada con el cambio climático debido a que se ha visto afectado el ciclo hidrológico; esto se puede observar por el aumento del vapor de agua en la atmósfera, variación en las precipitaciones, derretimiento de los polos, glaciares y en cambios en la humedad del suelo. (IPCC, 2008)

Los impactos mencionados, afectaran las actividades de diversos sectores económicos que dependen de la disponibilidad del agua, entre estos además del agua potable para suministro y saneamiento tenemos la producción de alimentos, hidroeléctricas y la conservación ambiental. (CONAGUA, 2011)

Los cambios en la calidad y cantidad de agua por el calentamiento global, afectan drásticamente en la disponibilidad y suministro, afectando así a grandes

poblaciones, estos cambios se ven reflejados no solo en la escasez del agua sino no también en la producción de alimentos.

### **3.3 Contaminación del agua**

La contaminación del agua a nivel global va en aumento, a pesar de las mejoras en ciertas regiones, en los países en vía de desarrollo alrededor del 80% de las aguas residuales son descargadas sin ningún tratamiento, llegando a contaminar las fuentes hídricas como ríos, lagos, acuíferos (Unesco, 2009)

Es de gran preocupación para las entidades que se encargan de la gestión de los recursos hídricos, debido a que nuevas tecnologías han ido avanzando y por ende las fuentes de contaminación se han incrementado, tan solo en químicos salen al mercado diariamente alrededor de 15 000 productos nuevos (Snyder, 2014)

La contaminación de este recurso se da también por tipos de contaminantes emergentes los cuales son compuestos de origen químico. Entre estos compuestos podemos observar los pesticidas los cuales poseen compuestos orgánicos muy tóxicos como las dioxinas, bifenilos policlorados, policlorodibenzofuranos, hidrocarburos aromáticos polinucleares. (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012)

La contaminación del agua está relacionada al incremento de la población en el sector urbano debido al aumento en el consumo per cápita del agua, cambiando los hábitos de consumo, basándose en un modelo de desarrollo altamente extractivista y por ende contaminante. En el presente a nivel global se consume 2.7 veces más agua que hace medio siglo. (Gaybor, 2010)

### **3.4 Inequidades del agua**

Según Gaybor, en el Ecuador existe evidencia la cual muestra que en ciertos sectores son favorecidos con mayores concentraciones de agua, lo cual los beneficia para su consumo ya sea personal, productivo o recreativo, esto no solo sucede en el área rural, también se da en el área urbana donde los sectores de mayores quintiles sociales son favorecidos con mayor dotación de este recurso, al poder tener mayores posibilidades para financiar instalaciones intradomiciliarias de agua potable y saneamiento.

Tanto en el pasado como en la actualidad, es muy común escuchar a los campesinos hablar sobre las inequidades del agua, la distribución desigual, la falta de este recurso, y como lo antes mencionado afecta la calidad y estilo de vida de las personas que viven en zonas rurales. (Gaybor, 2010)

Según la EPMAPS, el Distrito Metropolitano de Quito, tiene una cobertura de agua potable y alcantarillado se estimó que en el 2017 fue de 98.50% y 92.27%, estas cifras nos muestran que aproximadamente toda la zona del DQM cuenta con disponibilidad de agua potable. La ciudad de Quito está conformada por cerca de 7 128 kilómetros de tuberías, 198 tanques de distribución en la zona urbana y 238 tanques de distribución en la zona rural, obteniéndose un total de 436 taques que abastecen a todo el DQM las 24 horas del día.

Si observamos la situación del DMQ podemos concluir que la distribución de agua potable y alcantarillado es positiva para los habitantes de la ciudad, puesto que se cuenta con gran dotación de este recurso el cual está disponible durante las 24 horas, los 365 días del año, si comparamos esta situación favorable con la que sucede en la provincia de Esmeraldas en la cual según el GAD Municipal, la distribución es

ineficiente por la falta la capacidad hidráulica, esto conlleva al racionamiento del servicio por horas, provocando que algunos barrios no dispongan de una red de distribución.

### **3.5 Calidad del agua**

La calidad del agua se refiere al análisis de las propiedades físico químicas del agua, un agua de calidad significa que es un agua apta para consumo humano, el índice de la calidad de agua para el DQM, según la EPMAPS es del 99.98% significando así que es un agua que se puede consumir directamente de la llave, la EPMAPS, monitorea este líquido vital realizando anualmente más de 18 000 análisis a través de los cuales verifica el cumplimiento delo establecido en la Norma INEN 1108.

En el Ecuador cerca del 80% del uso del agua, es destinado al riego, desarrollo agrícola y a la producción de alimentos, es por eso que la calidad del agua es de vital importancia. Considerando que la calidad del agua involucra a la salud del ambiente y por ende a la salud del ser humano, debiéndose adoptar medidas punitivas que generen soluciones a corto, mediano y largo plazo.(Guzmán & Narvaez, 2010)

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, la calidad del agua se ve alterada por: 1) el vertimiento de aguas residuales, 2) la disposición final de residuos sólidos, y, 3) agroquímicos y nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua. Como potenciales agentes de contaminación están los asentamientos poblacionales, las actividades industriales y agropecuarias. (CEPAL, 2011)

### **3.6 Agua Virtual**

Este concepto está muy relacionado con el de huella hídrica puesto que el agua virtual es el volumen de agua dulce el cual se utilizó para la fabricación o producción de un bien, un producto o un servicio, es decir, la cantidad de agua que contenida en un producto. Este concepto fue planteado por Allan en 1993. (Velázquez, 2008)

La exportación de un producto el cual demandara gran cantidad de agua para su producción sería igual que exportar agua, puesto que el país el cual importara ese producto no utiliza agua nacional pudiendo dedicarla para otros fines. La importación de esta agua virtual ayuda a países pobres en el recurso hidrológico para que consigan seguridad tanto hidrológica como alimentaria. (Llamas Madurga, 2005)

El agua virtual juega un papel prioritario de manera transitoria en países donde han sufrido fenómenos extremos como sequias o inundaciones, o de manera indeleble en aquellos que no tienen la suficiente agua para producir bienes, servicios o alimentos, por otro lado, algunos países aprovechan el agua virtual para así reducir la presión sobre el medio ambiente. (Cortés & López, 2007)

### **3.7 Huella hídrica**

El concepto de huella hídrica fue propuesto por primera vez en el año 2002 por Hoeskstra, y desde entonces ha sido difundido por la Water Footprint Network (WFN). Según la WFP la Huella Hídrica es un indicador que permite medir el uso de agua dulce, abarca dos tipos directa e indirecta, cada una de estas engloban tres variables: huella hídrica azul, huella hídrica gris y huella hídrica verde. (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)

La Huella Hídrica Institucional se refiere al volumen total de agua dulce que se consume o utiliza directa o indirectamente para la producción de un bien, un servicio o producto. Para realizar el cálculo de una institución se debe analizar dos componentes principales: la HH operacional o considerada HH directa, la cual es la cantidad de agua dulce consumida o contaminada directamente por la institución. Y la HH de cadena de suministro o considerada HH indirecta es la cantidad de agua que se utilizó para producir los bienes y servicios que consume y utiliza la institución. (Castillo, 2016)

La huella hídrica institucional para la Secretaría del Agua se la esquematiza como muestra la Tabla 1.

Tabla 1

Huella Hídrica de la Secretaría del Agua

<b>Huella hídrica operacional</b>		<b>Huella hídrica de cadena de suministro</b>	
<b>HH directamente asociada a la institución</b>	<b>HH global</b>	<b>HH directamente asociada a la institución</b>	<b>HH global</b>
Agua contaminada en el lavado de autos.	Agua contaminada en aseo de baños, consumo en cafeterías.	Huella hídrica de componentes de los productos comprados por la institución.	Huella hídrica de materiales y energía para uso general (material de oficina, electricidad, combustibles entre otros.

Elaborado por: P. Guamán, 2017, modificado del Manual de Evaluación de la HH. 2010

Cabe recalcar que la huella hídrica institucional se realiza mediante la suma de todas las HH de los productos y servicios que utiliza la secretaría, por ejemplo, si un funcionario bebe una taza de café, se debe tomar en cuenta toda el agua que se

contamino hasta llegar a ese producto, es así que la HH de los consumidores forma parte de la HH Institucional.

La huella hídrica además de dividirse en HH directa asociada a un producto o una actividad concreta propia de la empresa y la HH indirecta asociada al agua virtual que se utiliza para la producción de un bien o u servicio, ambas se clasifican en tres componentes para realizar un mejor cálculo del agua dulce consumida, estas variables son:

### **3.7.1 Huella Hídrica Azul**

HH Azul que es definida como el volumen total de agua que es consumida desde las aguas de superficie y subterráneas, la cual es incorporada a un producto y no se devuelve a la cuenca de la cual fue extraída (Vázquez & Óscar, 2018).

Según la Water Footprint el agua azul se divide en cuatro componentes:

1. Agua evaporada
2. Agua que se incorpora a un producto
3. Agua que no regresa a la cuenca hídrica de donde se la extrajo, es decir, es devuelta a otra cuenca o al mar.
4. Agua que no retorna en un mismo periodo, es decir, si se extrajo en un periodo seco y regresa en un periodo lluvioso.

### **3.7.2 Huella Hídrica Gris**

La HH gris es el volumen total de agua dulce contaminada por los procesos antropogenicos en la producción de bienes, servicios o productos. Es un indicador del agua dulce que ha sido contaminada en la cadena de suministro para la elaboración o la fabricación de un producto, el agua utilizada para asimilar y depurar



los contaminantes hasta que llegue a un punto donde cumpla los niveles de la norma.(Castillo, 2016)

En 1974 Falkenmark y Lindh, proponen como norma el factor de dilución que va entre 10 a 50 veces el flujo de aguas contaminadas. El cálculo de la HH gris se efectúa tomando en cuenta la legislación ambiental respecto a descarga de afluentes, mediante los límites máximos permisibles que se pueden arrojar a un cuerpo de agua.

Para la Huella Hídrica Gris de la Secretaría del Agua Planta Central Quito, se ha seleccionado como principal factor de contaminación la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), este parámetro muestra la contaminación biológica que existe dentro de la institución.

### **3.7.3 Huella Hídrica Verde**

La HH verde es el volumen de agua por precipitación que cae sobre la tierra y no se suma a los acuíferos pero sin embargo se mantiene en la superficie o en la vegetación, esta regresa a la atmosfera mediante la transpiración y la evaporación. El agua verde es más relacionada con los cultivos, debido a que la mayor parte de agua que cae por precipitación es transpirada por la vegetación. (Osorio, 2013; Rodrigues, 2013)

La HH verde está relacionada al volumen total de agua lluvia consumida para la elaboración de un proceso de productivo, especialmente dentro de los procesos agrícolas o forestales, en donde existe la evotranspiración del agua de lluvia, también es el agua que se incorpora en cosechas o la plantación arbórea. (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)

### **3.8 Análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica**

El análisis de la sostenibilidad puede ser evaluado desde múltiples puntos de vista, entre estos se encuentran desde la dimensión ambiental, social y económica. Esto debido a que la Huella Hídrica debe ser calculada para sus tres componentes HH azul, HH gris y HH verde, con el fin de lograr analizar los impactos directos e indirectos, con el fin que se permita establecer que el valor calculado de la huella hídrica se encuentre dentro de los límites que los recursos hídricos locales puedan resistir de forma sostenible.

#### **3.8.1 Dimensión ambiental**

Esta evaluación se la realiza desde los impactos que en la cantidad y calidad del recurso hídrico, estos ocurren cuando existe mayor extracción del recurso del que está disponible, los caudales de los ríos deben permanecer en los límites de escorrentía natural necesarios para preservar la cuenca. (Almeriense, 2013)

#### **3.8.2 Dimensión social**

La evaluación social se refiere a la distribución equitativa del agua, los efectos externos que se refieren a los costos de consumo y de la contaminación por parte de la población, los oportunistas que son aquellos que extraen agua de fuentes hídricas en mayor volumen que otros, el empleo que está relacionado con el aprovechamiento del agua para procesos productivos, uso en servicios y a la salud humana debido a que la huella hídrica gris puede afectar a los individuos. (Almeriense, 2013)

#### **3.8.3 Dimensión económica**

La evaluación de análisis económico se refiere a la asignación de agua dulce a los diferentes usos de agua, por lo general, el abastecimiento de agua está subsidiado

por los gobiernos, y en ocasiones no es asignado para fines de satisfacer el consumo y bienestar de las poblaciones. (Becerra, 2012)

En Secretaría del Agua se realizará un análisis de la sostenibilidad ambiental, según el Manual de la Evaluación de la Huella Hídrica este análisis se refiere a la calidad del agua que debe mantenerse dentro de ciertos límites. La mejor forma de definir la calidad del agua es mediante la legislación propuesta por cada país donde se muestran los valores de los límites máximos permisibles de los contaminantes en un cuerpo hídrico, además, se debe medir los caudales de aguas subterráneas y ríos los cuales deben mantenerse en los límites de la escorrentía natural, con la finalidad de preservar los ecosistemas. Para el caso de los ríos los límites de caudal ecológico definen la forma de escorrentía, que es comparable con los límites de calidad de agua que definen la contaminación.

### **3.9 Soluciones para la reducción de Huella Hídrica**

La reducción de la Huella Hídrica es un reto dentro de la Secretaría del Agua, puesto que es el ente rector de este recurso y por ende debe ser un referente de valoración del agua; es por eso que promover la disminución y el uso sostenible del agua es uno de los objetivos específicos dentro de este trabajo de investigación.

#### **3.9.1 Soluciones Sanitarias**

El uso de los sanitarios es una de las fuentes donde mayor uso de agua se produce a nivel de institución, según la doctora en medicina interna Kari Peterson en promedio una persona sana acude al baño entre 6 a 7 veces al día, esto quiere decir que en promedio un funcionario en su horario de trabajo acudirá alrededor de 3 a 5 veces, por cada descarga realizada en los sanitarios se pierde 6 litros de agua, es decir, que por cada funcionario se descarga alrededor de 36 litros de agua tan solo en

descargas de inodoros. El uso de lavabos conlleva a un consumo de agua directa, al cepillarse los dientes se pierden alrededor de 20 litros de agua, al igual que lavarse las manos. (SISS, 2012)

### **3.9.2 Soluciones Administrativas**

La reducción del papel y la disminución del consumo eléctrico son uno de los objetivos primordiales para la reducción de la Huella Hídrica, debido a que este suministro y servicio respectivamente poseen gran presión sobre el recurso hídrico.

Entre las soluciones administrativas se encuentra el reciclado del papel bond, ya que la impresión de papel en la mayoría de casos no es imprescindible, puesto que algunos documentos son solo para revisión de documentos por parte de los funcionarios para sus respectivas labores, la reducción del papel bond se lo puede lograr imprimiendo cuando el caso sea necesario, recordemos que algunos documentos se los puede revisar en formato de lectura electrónica, si el caso ameritara que se realice impresiones únicamente para revisión se las puede realizar en papel reciclado.

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación para el cálculo de la huella hídrica de la Secretaría del Agua, se basó en la metodología propuesta en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011).

La metodología propuesta consta de 4 fases:

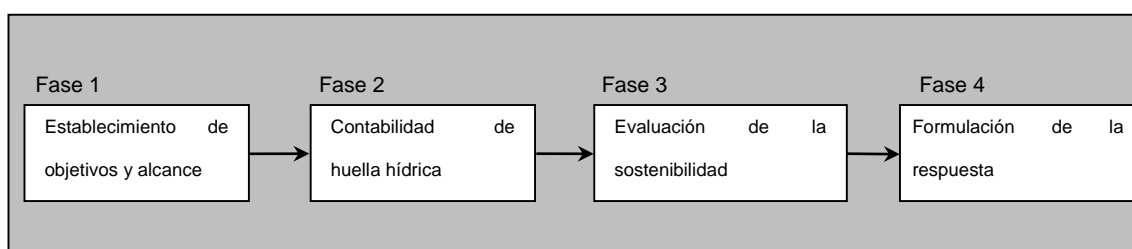


Figura 1 Fases de la evaluación de Huella Hídrica

Fuente: Hoekstra et al. (2011)

#### 4.1.1 Área de estudio

La Secretaría del Agua Planta Central Quito, se ubica geográficamente en las siguientes coordenadas: 9976724 N y 779760 E, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, sector La Floresta. La cual está delimitada en toda su totalidad por la línea roja, se puede observar que dos vías y dos viviendas definen sus límites: la Avenida Toledo por el oeste, al norte la calle Lérica, al sur se encuentra contiguo a la residencia estudiantil “Los Ilinizas” y el este por viviendas del sector ver figura 2.



Figura 2 Ubicación Secretaría del Agua  
Fuente: Google Earth

#### 4.1.2 Levantamiento de información

En primer lugar, se determinó el área de influencia y los límites de estudio. El alcance espacio-temporal fue Planta Central de la Secretaría del Agua (excluyendo otras sedes a nivel nacional) en el periodo desde enero a diciembre del año 2017. Se estudió los usos que se da al agua tanto directa como indirectamente por parte de los funcionarios y servidores de la institución.

Se elaboró y efectuó una encuesta vía online, donde se recopiló información de los hábitos del consumo de agua dulce por parte de los funcionarios dentro de la institución mediante preguntas tipo cuestionario (Anexo 1). Se realizó la entrevista a cada una de las áreas a los encardados de la compra de insumos como café, té y agua envasada, solicitud de suministros, etc.

Se recopiló información de las planillas de luz y agua, así como de los insumos comprados por parte de la institución como papel de impresión, papel higiénico entre otros.

#### **4.1.3 Actividades y productos con mayor impacto sobre los recursos hídricos**

Luego del levantamiento de la información, se analizó las actividades y los productos que poseen mayor impacto dentro de la Secretaría del Agua, sean estos directos (uso del agua dentro de la institución) o indirectos (insumos y productos).

En la tabla 2 se visualiza los productos que mayormente se consumen en cada área de la institución.

Tabla 2

Productos con alta huella hídrica en la Secretaría del Agua

<b>SERVICIOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>INSUMOS</b>
Agua Potable	Café	Papel de impresión
Electricidad	Té	
	Agua embotellada	

Elaborado por: P. Guamán, 2017

##### **4.1.3.1 Agua potable**

El consumo de agua potable representa un valor directo para la huella hídrica azul, estos valores se los obtuvo mediante las planillas de consumo mensuales, las cuales fueron entregadas por parte de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS). En la tabla 3 se presenta el resumen de consumo mensual del 2017.

Tabla 3

Consumo de agua potable en m<sup>3</sup> en la Secretaría del Agua.

Número medidor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>87578805</b>	75	26	92	77	95	34	44	36	76	32	16	60
<b>25029601</b>	2	8	3	06	26	46	97	35	45	25	21	29
<b>TOTAL</b>	97	54	35	483	21	80	41	71	21	57	37	89

Elaborado por: P. Guamán, 2017

#### 4.1.3.2 Luz eléctrica

El consumo de electricidad es uno de los servicios que poseen un gran peso en la huella hídrica indirecta, según los estudios de Mekonnen y Hoekstra es de 22,3 m<sup>3</sup>/GJ, esto se debe principalmente a la evaporación que se da en los embalses, esta agua está relacionada con la huella hídrica azul. (Mekonnen & Hoekstra, 2012)

Para la obtención de los datos de consumo eléctrico de la institución se analizó cada una de las planillas entregadas por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), en el año 2017. En la tabla 4 se presenta un resumen del consumo de electricidad por parte de la Secretaría del Agua.



Tabla 4

Consumo de luz eléctrica por la Secretaría del Agua.

MES	Consumo medidor 1 (Kwh)	Consumo medidor 2 (Kwh)	Consumo medidor 3 (Kwh)	Consumo medidor 4 (Kwh)
<b>Enero</b>	50	51	772	14591
<b>Febrero</b>	45	46	985	14661
<b>Marzo</b>	0	67	1020	14054
<b>Abril</b>	0	65	1044	16634
<b>Mayo</b>	48	60	904	15347
<b>Junio</b>	0	65	1026	14171
<b>Julio</b>	0	71	959	16956
<b>Agosto</b>	0	90	1410	14605
<b>Septiembre</b>	0	39	1146	13733
<b>Octubre</b>	48	64	1001	14871
<b>Noviembre</b>	0	42	793	14650
<b>Diciembre</b>	32	48	1146	15834

Elaborado por: P. Guamán, 2017

La huella hídrica por electricidad se encuentra mediante la siguiente

ecuación

$$HH \text{ electricidad} = \sum_{i=\text{cada tipo de generación}} \text{Consumo eléctrico}_i$$

$$(\text{Wh}) \times CU \left( \frac{\text{GJ}}{\text{Wh}} \right) \times (\text{FCE}_i \text{ Huella Azul} + \text{FCE}_i \text{ huella verde})$$

Dónde:

$FCE = \text{Factor de conversión eléctrico}$

$CU = \text{Factor de conversión de unidades}$

#### 4.1.3.3 Papel de impresión

Al ser una institución del sector público, se realizan actividades administrativas las cuales conllevan al uso de papel de impresión, no existen considerables investigaciones sobre la huella hídrica del papel, es por eso que nos

basaremos en la bibliografía encontrada es de 13 litros de agua por hoja de papel A4, es decir, por cada resma de papel de 500 hojas la huella hídrica será de 6.5 m<sup>3</sup>. (Van Oel & Hoekstra, 2012)

La información del consumo de papel por área dentro de la Secretaría del Agua, fue entregada por los responsables de la Coordinación General Administrativa Financiera de la Secretaría del agua. En la tabla 5 se presenta la dotación de papel para la institución en 2017.

Tabla 5

Uso de papel de impresión Secretaría del Agua.

Mes	Resmas
Enero	18
Febrero	12
Marzo	17
Abril	18
Mayo	14
Junio	15
Julio	21
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	21
Noviembre	18
Diciembre	18
<b>TOTAL</b>	<b>172</b>

Elaborado por: P. Guamán, 2017

#### 4.1.3.4 Café

El café es uno de los productos de consumo con mayor demanda dentro de la institución en promedio un funcionario de la Secretaría del Agua consumen en promedio de una taza de café al día, la huella hídrica del café es tal que por cada taza de 150 ml, se utiliza alrededor de siete gramos de café tostado, para

cada kilogramo del mismo se utiliza 18.900 litros de agua, es decir, que por cada taza de café consumida su huella hídrica será de 130 litros de agua. (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

#### 4.1.3.5 Té

El té es otro producto con gran consumo en la institución, con un promedio de consumo por funcionario de una taza de té al día, la huella hídrica del té es de 8.860 litros de agua por cada kilogramo. Para una taza de té de 250 ml se requiere de tres gramos del mismo, esto quiere decir que la huella hídrica es de 30 litros de agua para una taza. (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

#### 4.1.4 Muestreo

La muestra se realizó en la última caja de revisión de la Secretaría del Agua, ubicada en las coordenadas 9976744 N y 779783 E, se utilizó de un GPS, balde, botella de muestreo y de otros materiales expuestos en la tabla 6.

El tipo de muestras tomadas fueron compuestas, se tomó un litro cada hora y media, hasta llenar el envase de seis litros, posterior a esto la muestra se transportó al laboratorio de Aguas Residuales de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 6

Materiales de muestreo

Materiales	
Balde	Sustituto de hielo
Botella plástico de seis litros	Termómetro
Botella plástica de un litro	Hielera
GPS	

Elaborado por: P. Guamán, 2017

#### **4.1.5 Análisis en laboratorio**

Los análisis en laboratorio se dieron en dos etapas la primera fue en una muestra de seis litros enviada al Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, y como segunda etapa fueron examinadas 5 muestras de la misma cantidad, posteriores a la toma de la primera, en el Laboratorio de Aguas Residuales de la Universidad Politécnica Salesiana. En ambos laboratorios los parámetros que se analizaron fueron la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

#### **4.1.6 Cálculo de la Huella Hídrica Azul**

Para realizar el cálculo de la huella hídrica azul según el manual de la WFP, se utiliza la siguiente ecuación:

$$HH_{Azul} = Afluente - Efluente$$

Dónde:

*Afluente* = Entrada del volumen de agua que se utiliza por la institución

*Efluente* = Salida de agua calculada.

#### 4.1.7 Cálculo de la Huella Hídrica Gris

La ecuación propuesta por el manual de la WFP plantea la siguiente ecuación:

$$HH\ Gris = \frac{(Vol\ del\ eflu * C\ del\ eflu) - (Vol\ del\ afllu * C\ del\ afllu)}{C_{max} - C_{nat}}$$

Dónde:

*Vol del eflu = Volumen del efluente*

*C del eflu = Concentración del efluente*

*Vol del afllu = Volumen del afluente.*

*C del afllu = Concentración del afluente*

*C<sub>max</sub> = Concentración máxima del parámetro utilizado para la cuantificación*

*C<sub>nat</sub> = Concentración natural en un cuerpo de agua receptor que se tendría al no existir disturbios antropogénicos.*

#### 4.1.8 Cálculo de la Huella Hídrica Verde

El cálculo de la HH Verde, según la WFP plantea la siguiente ecuación:

$$HHVerde = Huella\ hidrica\ verde\ evaporada \\ + huella\ hidrica\ verde\ incorporada$$

Dónde:

*Huella hidrica verde evaporada = Volumen de agua que es evaporada*

*Huella hidrica verde incorporada = Volumen de agua que es incorporada al cultivo*

#### **4.1.9 Sensibilización para el uso del agua**

La sensibilización para el uso del agua dentro de la Secretaría del Agua, se logrará mediante el cambio en los hábitos de consumo de este recurso vital, la concientización se realizó mediante boletines vía online enviado a cada uno de los funcionarios de la Secretaría del Agua los cuales informaron sobre la huella hídrica de la institución y como puede cada uno de ellos ayudar a la disminución de la misma cambiando el modo de consumo en los servicios, insumos y productos que se consumen y utilizan dentro del horario laboral.

#### **4.1.9 Calculo de la Huella Hídrica Total**

La Huella Hídrica Total es la sumatoria de todas las HH directas e indirectas calculadas, se expresa con la siguiente ecuación:

$$HH\ Total = \sum Huella\ Hídrica\ Directa + \sum Huella\ Hídrica\ Indirecta$$

#### **4.2 Evaluación de sostenibilidad de la huella hídrica**

La huella hídrica es un indicador del volumen de agua dulce que se consume para el caso de la presente investigación dentro de una institución, esta se mide en m<sup>3</sup>/año, el análisis de sostenibilidad de la huella hídrica según Hoekstra se refiere a la comparación de la huella hídrica humana con lo que la tierra puede soportar de manera sostenible.

La evaluación de la sostenibilidad en cuanto para la HH azul y HH gris se realiza nivel de la cuenca hidrográfica, es decir, se debe de tomar en cuenta la micro cuenca del río el cual suministra con el recurso hídrico al área de estudio, la evaluación de la sostenibilidad se realizara mediante la comparación la huella hídrica

azul de la Secretaría del Agua, con la disponibilidad del agua azul de la micro cuenca del río Pita la cual abastece al centro y centro norte de la ciudad, para realizar la evaluación se necesita los datos mensuales del escurrimiento natural de la micro cuenca. Los datos deben ser mensuales y son proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

La evaluación de la sostenibilidad propuesta por en 2011 por Hoekstra, consta de cuatro pasos; el primero es la identificación y cuantificación de los criterios de sostenibilidad de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica o fluvial; el segundo paso es identificar los hotspots dentro de la cuenca, es decir, los períodos en el año donde se considera la huella hídrica como no sostenible; en el tercer y cuarto paso se cuantifican los impactos primarios y secundarios en los hotspots.(Hoekstra et al., 2011)

El hotspot se define como un determinado periodo del año, por ejemplo un periodo seco en una cuenca específica debido a esto la HH no es sostenible, debido a que pone en peligro las necesidades de requerimientos ambientales del agua o se ve afectada calidad de la misma. En dicho punto, se producen inconvenientes respecto a la escasez de agua, contaminación u otros conflictos. Un hotspot es el lugar y periodo del año en que la huella hídrica no es sostenible y por tanto debe ser reducida. (Hoekstra et al., 2011)

### **4.3 Microcuenca del Río Pita**

La microcuenca del Río Pita se encuentra localizada en la región interandina, en la cota baja 3.600 m.s.n.m hasta la cota alta 5.890 m.s.n.m y pertenece a la cuenca alta del Río Guayllabamba, esta microcuenca abastece aproximadamente el 40% de la dotación de agua para el DQM, la superficie de la microcuenca del Río Pita es

aproximadamente 585,6 km<sup>2</sup>, los principales afluentes que abastecen de caudal para el Río Pita son: el Río El Salto, y las quebradas La merced, Mudadero y Cariacu. La extensión aproximada del cauce es de 50 km desde su nacimiento que proviene desde los deshielos del Volcán Cotopaxi hasta su confluencia en el Río San Pedro (FFLA, 2012).

Se debe mencionar que existe una estacionalidad en la distribución de las precipitaciones con una época seca entre los meses de mayo y septiembre, y con lluvias en los meses de octubre hasta abril, la temperatura más alta dentro de la microcuenca es de un aproximado de 15 grados centígrados en las partes bajas, mientras que la temperatura más baja oscila en los cuatro grados centígrados en las cumbres de los volcanes Cotopaxi y Sincholagua.(FFLA, 2012)



## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente acápite se presentan los resultados de los cálculos obtenidos en la investigación, que se obtuvieron mediante la metodología propuesta, posterior a esto se discuten los resultados según los estudios y los cálculos efectuados

### 5.1 Huella Hídrica Directa

#### 5.1.9 Calculo de la Huella Hídrica Azul

Para el cálculo de Huella Hídrica Azul, se tomó en cuenta el afluente de entrada a la Secretaría del Agua mediante dos medidores con los que cuenta la institución, también se le sumo la cantidad de agua que es ingresada por parte de los funcionarios, esta información se la obtuvo mediante las entrevistas realizadas a cada una de las áreas de la Secretaría del Agua.

##### 5.1.9.1 Afluente

El cálculo del afluente se lo realizo mediante los datos obtenidos por las planillas de consumo de agua potable de dos medidores de la institución y las encuestas a cada área del agua ingresada (botellones de agua). En la tabla 7 y 8 se expone el consumo total de suministro de agua total para año 2017 y el agua ingresada por parte de los funcionarios respectivamente.

a) Suministro de agua por la EPMAPS para el año 2017

Tabla 7

Consumo de agua potable en m<sup>3</sup>

Número de medidor	Consumo anual m <sup>3</sup>
87578805	7.835
25029601	2.100
Total	9.935

Elaborado por: P. Guamán, 2018

- b) Total del afluente, suma de las planillas con el total de agua ingresada por parte de los funcionarios para el año 2017

Tabla 8

Afluente

Ingresos afluente	Volumen anual en m <sup>3</sup>
Planilla facturada	9935
Agua ingresada	38,40
Total	9973,40

Elaborado por: P. Guamán, 2018

### 5.1.9.2 Efluente

El cálculo del efluente se lo realizó mediante los datos obtenidos en la encuesta realizada vía online, la cual fue realizada por la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Secretaría del Agua, y fue enviada a cada uno de los correos institucionales de los funcionarios.

El número de personas que respondieron a la encuesta se muestran a continuación en la tabla 9.

Tabla 9

Número de personas encuestadas por área

Total de personas que respondieron la encuesta	
Coordinación General Administrativa Financiera	17
Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica	12
Coordinación General Jurídica	9
Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento	11
Subsecretaría de Riego y Drenaje	7
Subsecretaría Social y de Articulación del Recurso Hídrico	10
Subsecretaría Técnica de los Recursos Hídricos	19
Otros	15
Total	100

Elaborado por: P. Guamán, 2018

En la tabla 9 se observan las ocho áreas administrativas, con una muestra de 100 personas los cuales respondieron, el área que cuenta con más personal que respondió la encuesta es la Subsecretaría Técnica de los Recursos Hídricos, con un total de 19 personas, seguida de la Coordinación General Administrativa y Financiera con 17 personas.

El cálculo del efluente, es decir, las descargas residuales de la institución, se realizó mediante el uso del agua por parte de los funcionarios, este se lo estimo mediante las encuestas realizadas sacando un promedio de cada una de las actividades efectuadas dentro de la institución, las cuales demandan un mayor uso del agua.

En la figura 3 se puede observar, que el mayor uso del agua se encuentra en las descargas que se realizan por inodoro y en la tabla 10 se muestra el cálculo del efluente.

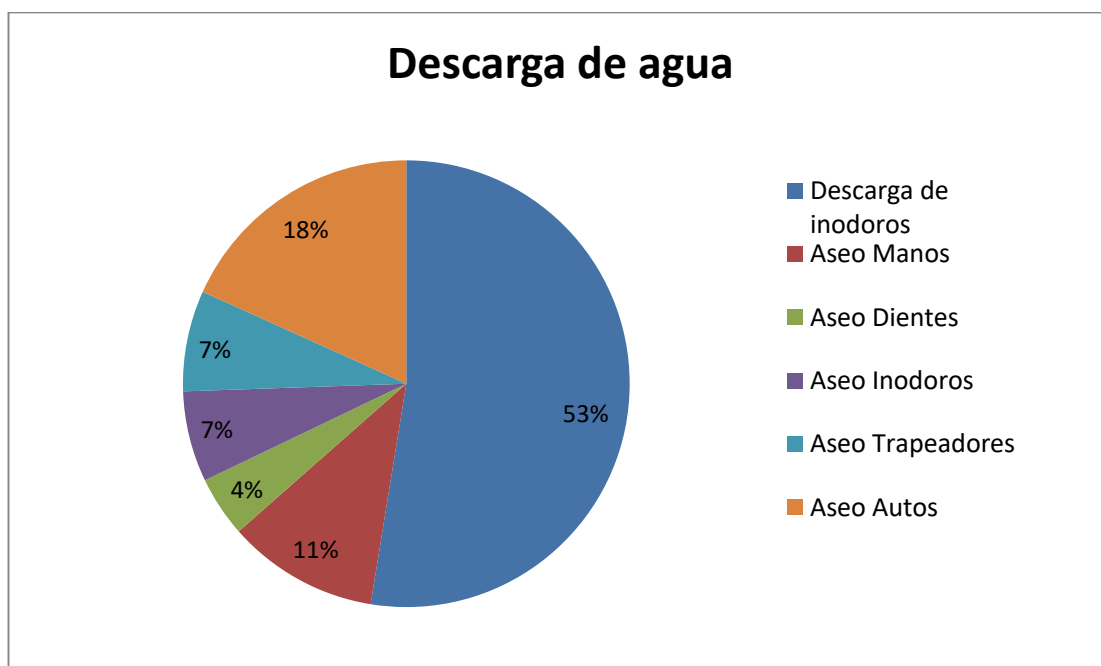


Figura 3 Descargas de volumen de agua por procesos

Elaborado por: P. Guamán, 2018

Tabla 10

Efluente

Actividad	Volumen m <sup>3</sup> /año
Descarga de inodoros	1728
Manos	360
Dientes	144
Aseo	216
Trapeadores y franelas	300
Autos	960
Efluente	3708

Elaborado por: P. Guamán, 2018

Entonces el cálculo de la huella hídrica azul por parte de la Secretaría del

Agua Planta Central es:

$$HHAzul = Afluente - Efluente$$

$$HHAzul = 9973,4 \text{ m}^3 - 3708 \text{ m}^3$$

$$HHAzul = 6.625,4 \text{ m}^3/\text{año}$$

#### 5.1.10 Cálculo de la Huella Hídrica Gris

El cálculo de la Huella Hídrica Gris, se obtuvo a partir del contaminante más representativo en las descargas de la institución, este contaminante fue la DBO. Para encontrar la concentración de la DBO se realizó un muestreo durante seis días y se consiguió un promedio de este parámetro, en la tabla 11 se presenta los resultados para los seis días.

Tabla 11

Resultados DBO5

Muestra	Concentración mg/l
Testigo	0
Primera	12
Segunda	9
Tercera	31
Cuarta	6
Quinta	21
Sexta	50
Promedio	21

Elaborado por: P. Guamán, 2018

$$HH\ Gris = \frac{(Vol\ del\ eflu * C\ del\ eflu) - (Vol\ del\ aflu * C\ del\ aflu)}{C_{max} - C_{nat}}$$

$$HH\ Gris = \frac{(3708000\ litros * 21 \frac{mg}{litro}) - (9973400 litros * 0 \frac{mg}{litro})}{(170 - 1,321) \frac{mg}{litro}}$$

$$HH\ Gris = 788,9361 m^3/año$$

#### 5.1.11 Calculo de la Huella Hídrica Verde

Como revisamos en la literatura la Huella Hídrica Verde está relacionada con la producción de cultivos, la huella hídrica de la Secretaría del Agua se enfoca solamente a la HH Azul y HH Gris, ya que el volumen de agua al cual la Secretaría tiene impacto directo. El cálculo de Huella Hídrica Verde se midió de forma indirecta y de manera complementaria de los productos más consumidos por la Institución la información de esto se muestra directamente en la descripción general de los mismos. (Distrito Metropolitano de Quito, 2015)

## 5.2 Huella Hídrica Indirecta

Dentro del cálculo de la huella hídrica indirecta para la Secretaría del Agua se mide los principales insumos, productos y servicios con más presión sobre el recurso hídrico los cuales se determinaron en el capítulo cuatro.

### 5.2.9 Huella Hídrica Energía Eléctrica

La energía hidroeléctrica es uno de los servicios con más demanda dentro de la institución, la energía eléctrica según el balance energético del 2016 se clasificó en diferentes tipos para la obtención de la misma, es necesario recalcar que la energía eléctrica del Ecuador proviene de diferentes fuentes las cuales están articuladas al Sistema Nacional Interconectado. En el Anexo 2 se observa la distribución de las fuentes de energía para el país, en la tabla 12 y 13 se presenta la distribución de energía para la Secretaría del Agua y la Huella Hídrica de la electricidad consumida respectivamente.

Tabla 12

Potencia nominal de Generación de Energía Eléctrica

Tipo de Generación		Electricidad entregada por SIN (porcentaje)	Consumo de la Secretaría del Agua (Kwh)
Energía Renovable	Hidráulica	56,19%	108583,8036
	Eólica	0,26%	502,4344
	Fotovoltaica	0,33%	637,7052
	Biomasa	1,80%	3478,392
	Biogas	0,09%	173,9196
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>58,67%</b>	<b>113376,2548</b>
No Renovable	Térmica MCI	24,11%	46591,1284
	Térmica Turbogás	11,47%	22165,0868
	Térmica Turbovapor	5,75%	11111,53
	<b>Total Energía No Renovable</b>	<b>41,33%</b>	<b>79867,7452</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100,00%</b>	<b>193.244</b>

Elaborado por: P. Guamán, 2018, modificado de SIN, 2017

Tabla 13

Huella Hídrica de la Energía consumida dentro de la Secretaría del Agua

Tipo de Generación		Consumo de la Secretaría del Agua (Kwh)	Gj/Kwh	Factor azul (m³/GJ)	Factor verde (m³/GJ)	HH azul m³	HH verde m³	HH m³	total
<b>Energía Renovable</b>	Hidráulica	108583,80	0,0036	22,30	0,00	8717,10	0,00		8717,10
	Eólica	502,43	0,0036	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
	Fotovoltaica	637,70	0,0036	0,26	0,00	0,61	0,00		0,60
	Biomasa	3478,39	0,0036	26,00	32,00	325,57	400,7		726,28
	Biogas	173,91	0,0036	0,11	0,00	0,07	0,00		0,068
<b>No Renovable</b>	Térmica MCI	46591,12	0,0036	1,06	0,00	177,79	0,00		177,79
	Térmica Turbogás	22165,08	0,0036	0,11	0,00	8,77	0,00		8,77
	Térmica Turbovapor	11111,53	0,0036	0,16	0,00	6,40	0,00		6,40
<b>TOTAL</b>		<b>19.3244</b>							<b>9637,042</b>

Elaborado por: P. Guamán, 2018, modificado de SIN, 2017

### 5.2.10 Huella Hídrica del papel

La huella hídrica del papel es igual a la suma del consumo del papel de impresión el cual se obtuvo mediante los datos proporcionados por el área de bienes de la Coordinación General Administrativa Financiera, en total se obtuvo 172 resmas de papel consumidos al año por toda la institución, según la bibliografía encontrada de Van Oel por cada resma de papel se consumieron alrededor de 6.5 m³ de agua. En la tabla 14 se muestra el consumo mensual de papel entregado a la Secretaría del Agua.

Tabla 14

Huella Hídrica del papel de impresión

<b>Año 2017</b>	<b>Consumo de resmas</b>	<b>Huella Hídrica (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	18	117
<b>Febrero</b>	12	78
<b>Marzo</b>	17	110,5
<b>Abril</b>	18	117
<b>Mayo</b>	14	91
<b>Junio</b>	15	97,5
<b>Julio</b>	21	136,5
<b>Agosto</b>	0	0
<b>Septiembre</b>	0	0
<b>Octubre</b>	21	136,5
<b>Noviembre</b>	18	117
<b>Diciembre</b>	18	117
<b>TOTAL</b>	172	1.118

Elaborado por: P. Guamán, 2018

### 5.2.11 Huella Hídrica productos de cafetería

Dentro del consumo de cafetería en la institución se encuentra el café y té, el cálculo de ambas huellas se realizó mediante la encuesta realizada vía online, se obtuvo como consumo promedio una taza por funcionario de cada uno de estos productos

Tabla 15

Huella Hídrica del café y té

<b>Huella Hídrica del Café</b>	<b>Número de tazas</b>	<b>Huella Hídrica café (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Huella Hídrica té (m<sup>3</sup>)</b>
Consumo al día	297	38,61	8,91
Consumo a la semana	1485	193,05	44,55
Consumo al mes	5940	772,2	178,2
Consumo al año	71280	9.266,40	2.138,40

Elaborado por: P. Guamán, 2018



### 5.3 Huella Hídrica Total

La Huella Hídrica Total es la suma de la huella hídrica directa en donde se toma en cuenta la HH Azul y la HH Gris, más la huella hídrica indirecta donde se toma en cuenta cada una de las huellas calculadas de los productos, insumos y servicios, en la figura 4 se observa el porcentaje de cada una de las huellas hídricas directas e indirectas.

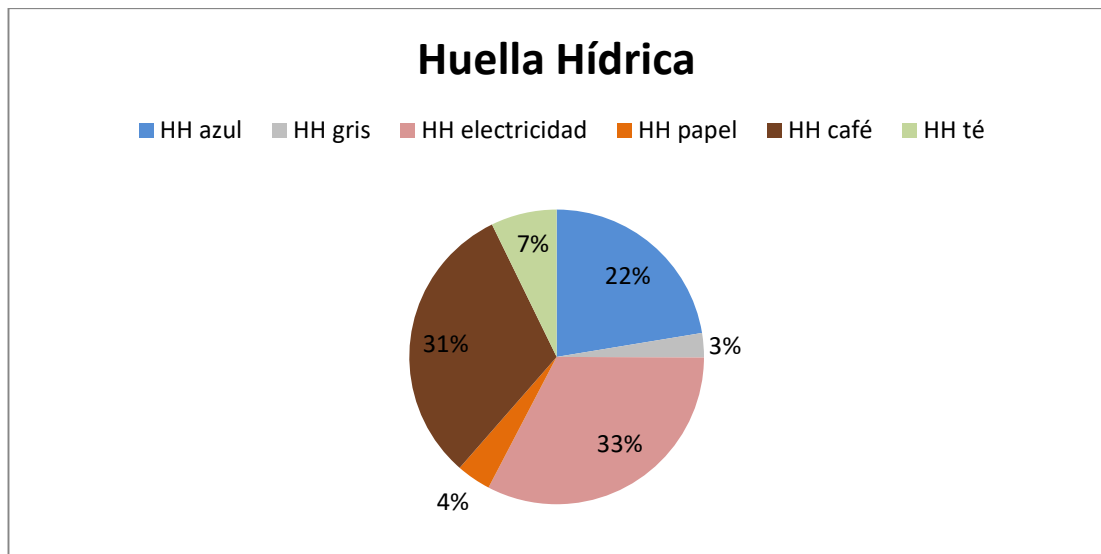


Figura 4 Porcentaje de Huellas Hídricas dentro de la Secretaría del Agua  
Elaborado por: P. Guamán, 2018

$$HH\ Total = (HH\ Azul + HH\ Gris) + (HH\ electricidad + HH\ papel + HH\ café + HH\ té)$$

$$HH\ Total = (6624.40\ m^3 + 788.9361\ m^3) + (9637,042\ m^3 + 1118\ m^3 + 9266.4\ m^3 + 2138.4\ m^3)$$

$$HH\ Total = (7413.3361m^3) + (22159.842m^3)$$

$$HH\ Total = (29573.18\ m^3/año)$$

La sumatoria total de la Huella Hídrica nos da un resultado aproximado de  $29\,573.18\text{ m}^3$  de agua, esto corresponde un total del 25% de huella hídrica directa y el 75% de huella hídrica indirecta.

Como se puede observar en la gráfica 2 los mayores porcentajes de Huella Hídrica corresponde a los que productos e insumos que se utilizan dentro de la institución; con un 33% la HH de electricidad nos muestra que el consumo de luz eléctrica dentro de la institución es muy elevada, seguido por la HH del café con 31%, la HH del té con 7%; y la HH del papel con 4%. Estos valores corresponden a la huella hídrica indirecta; mientras que en cuanto a la huella hídrica directa; el 22% corresponde a la HH azul y 3% a la HH gris.

#### 5.4 Huella Hídrica Per Cápite por funcionario de la Secretaría del Agua

La huella hídrica para todo el edificio ubicado en el sector la Floresta de la Secretaría del Agua es de  $29.573,18\text{ m}^3$ , el consumo per cápita para la institución es alrededor de  $99.57\text{ m}^3$ . En la tabla 17 y figura 4 se exponen los valores estimados de huella hídrica por funcionario.

Tabla 16

Huella Hídrica Per Cápite por funcionario de la Secretaría del Agua en  $\text{m}^3$

Huella Hídrica	Cantidad en $\text{m}^3$
HH azul	22.304
HH gris	2.656
HH electricidad	32.448
HH papel	3.764
HH café	31,2
HH té	7,2
Total per cápita	99.573

Elaborado por: P. Guamán, 2018

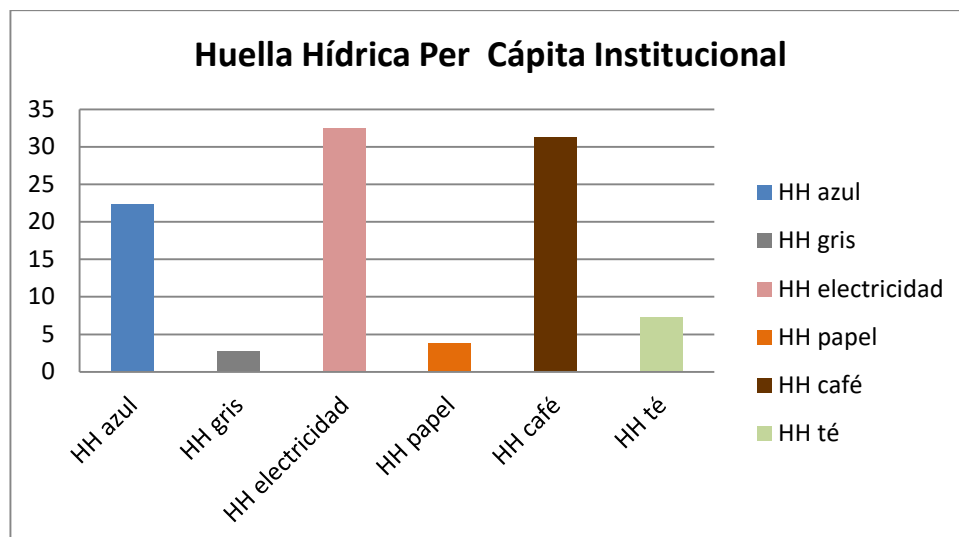


Figura 5 Huella Hídrica Per Cápita Institucional  
Elaborado por: P. Guamán, 2018

## 5.5 Evaluación de la Sostenibilidad de la Huella Hídrica

### 5.5.9 Evaluación de la sostenibilidad HH Azul

El análisis de la sostenibilidad de la Huella Hídrica Azul, se realizó mediante el enfoque para el análisis ambiental, en donde se obtiene los valores de escasez de agua, en la tabla 18 se muestra los resultados del escurrimiento natural, el requerimiento ambiental y la disponibilidad real de la cuenca para una población de 730.000 personas las cuales son beneficias mediante la dotación de agua dulce que se abastece mediante la microcuenca del Río Pita.

Tabla 17

Escorrentía promedio mensual de la microcuenca del Río Pita, para el año 2017, requerimiento ambiental y disponibilidad de agua en m<sup>3</sup>

<b>MES</b>	<b>Escorrentía (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Disponibilidad real de la cuenca (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Requerimiento ambiental (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	10521886,67	8417509,33	2104377,33
<b>Febrero</b>	15210988,33	12168790,67	3042197,67
<b>Marzo</b>	14639146,67	11711317,33	2927829,33
<b>Abril</b>	20654921,00	16523936,80	4130984,20
<b>Mayo</b>	9927171,33	7941737,07	1985434,27
<b>Junio</b>	2641908,50	2113526,80	528381,70
<b>Julio</b>	2790587,33	2232469,87	558117,47
<b>Agosto</b>	2939266,17	2351412,93	587853,23
<b>Septiembre</b>	4082949,50	3266359,60	816589,90
<b>Octubre</b>	8680556,50	6944445,20	1736111,30
<b>Noviembre</b>	10499013,00	8399210,40	2099802,60
<b>Diciembre</b>	10201655,33	8161324,27	2040331,07

Elaborado por: P. Guamán, 2018

La microcuenca del Río Pita abastece un aproximado del 30% de la población en el DQM, la población de la Secretaría del Agua representa tan solo el 0,04% del consumo del caudal del Río Pita. La determinación de la escasez de agua se la realizó mediante la división entre la Huella Hídrica Azul promedio mensual y la disponibilidad real para la Secretaría del Agua, este valor se lo calculó mediante la disponibilidad real de la cuenca para la población de 730.000 habitantes que representa un porcentaje del 100 %, para la institución el porcentaje de abastecimiento de agua de la microcuenca es del 0,04%.

El índice de índice de escasez de agua se la obtiene mediante huella hídrica azul mensual valor obtenido de la división total de la huella hídrica azul para los 12 meses debido a que el cálculo de la hh azul se la realiza anualmente y no mensual. Al valor medio mensual se divide para la disponibilidad real para la institución.

Los valores de índice de escasez de agua se han establecido mediante 4 colores: amarillo (escasez baja), mostaza (escasez media), naranja (escasez alta) y rojo (escasez elevada)

Mayor a 4		Mayor a 1,5	
Mayor a 2		Mayor a 1	

Figura 6 Índice de escasez de agua

Fuente: En base al estudio Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. (2011)

Tabla 18

Índice de escasez de agua

MES	Disponibilidad para la Secretaría del Agua (m³)	Huella Hídrica promedio por mes (m³)	Índice de escasez de agua
Enero	3424,66	2464,4	0,7
Febrero	4950,86	2464,4	0,5
Marzo	4764,74	2464,4	0,5
Abril	6722,75	2464,4	0,4
Mayo	3231,09	2464,4	0,8
Junio	859,89	2464,4	2,9
Julio	908,28	2464,4	2,7
Agosto	956,67	2464,4	2,6
Septiembre	1328,92	2464,4	1,9
Octubre	2825,34	2464,4	0,9
Noviembre	3417,21	2464,4	0,7
Diciembre	3320,43	2464,4	0,7

Elaborado por: P. Guamán, 2018

En la tabla 19 se observa que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre es insostenible la disponibilidad de agua azul para la Secretaría del Agua, esto quiere decir que en estos meses se tiene un mayor consumo que la disponibilidad real de la microcuenca del Río Pita.

En la figura 5, 6 y 7 se muestran los valores de precipitación, escorrentía y relación entre precipitación y escorrentía respectivamente. La precipitación y escorrentía natural de la cuenca son parámetros importante para la evaluación de la sostenibilidad mediante estos valores se pueden observar los meses en los cuales existen mayor y menor disponibilidad de agua, notándose los meses donde existe escasez de agua dulce en la microcuenca del Río Pita.

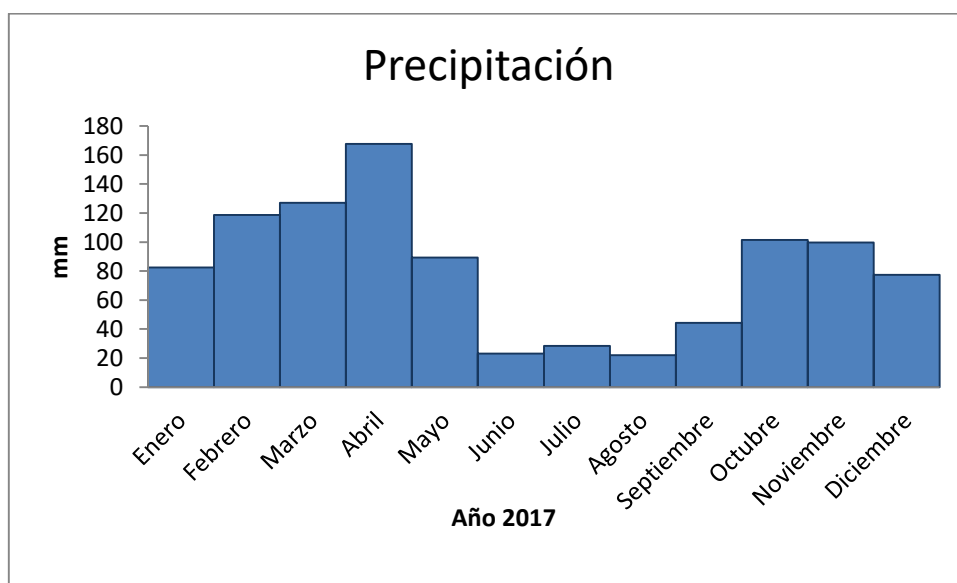


Figura 7 Precipitación para el año 2017 de la microcuenca del Río Pita  
Fuente: INAMHI. Elaborado por: P. Guamán, 2018

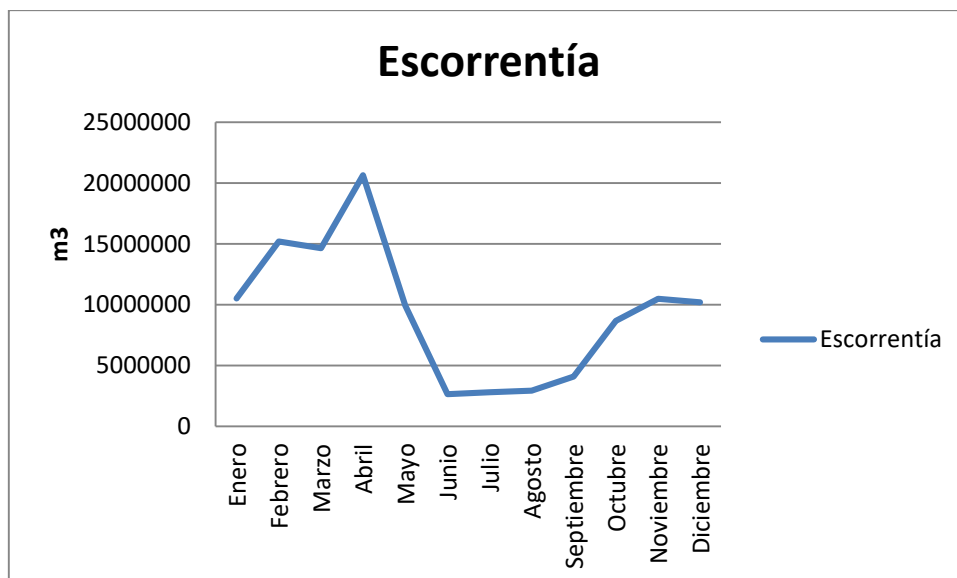


Figura 8 Escorrentía para el año 2017 de la microcuenca del Río Pita  
Fuente: INAMHI. Elaborado por: P. Guamán, 2018

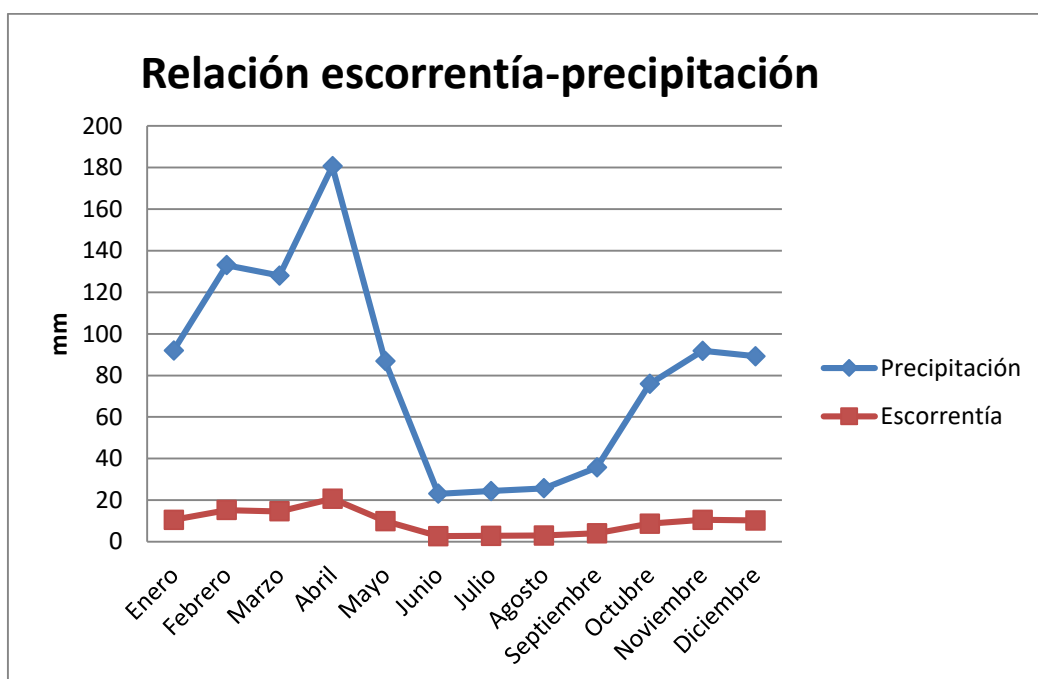


Figura 9 Relación escorrentía - precipitación  
Fuente: INAMHI. Elaborado por: P. Guamán, 2018

#### 5.5.10 Sostenibilidad de la Huella Hídrica Gris

La evaluación para la HH gris se la realiza mediante la disponibilidad real para la Secretaría del Agua calculada a partir de la escorrentía natural de la micro

cuenca del Río , y el volumen de caudal de la microcuenca del Río Machangara necesario para depurar el contaminante más representativo dentro de la institución el cual fue la DBO.

El índice de contaminación hídrica se lo obtiene mediante la división de la HH gris promedio mensual este se la obtiene dividiendo el total de la HH gris homogéneamente para cada mes, esto debido a que el cálculo no se lo puede realizar mensual y la disponibilidad de volumen de agua natural real de la cuenca.

Tabla 19

Escorrentía promedio mensual de la microcuenca del Río Machangara, para el año 2017, requerimiento ambiental y disponibilidad de agua en m<sup>3</sup>

Mes	Escorrentía (m <sup>3</sup> )	Disponibilidad real de la cuenca (m <sup>3</sup> )	Requerimiento ambiental (m <sup>3</sup> )
Enero	9423950,67	7539160,53	1884790,13
Febrero	13575521,17	10860416,93	2715104,23
Marzo	14524778,33	11619822,67	2904955,67
Abril	19168132,67	15334506,13	3833626,53
Mayo	10224529,00	8179623,20	2044905,80
Junio	2653345,33	2122676,27	530669,07
Julio	3259497,50	2607598,00	651899,50
Agosto	2527540,17	2022032,13	505508,03
Septiembre	5077954,00	4062363,20	1015590,80
Octubre	11596949,00	9277559,20	2319389,80
Noviembre	11402522,83	9122018,27	2280504,57
Diciembre	8863545,83	7090836,67	1772709,17

Elaborado por: P. Guamán, 2018



Tabla 20

Nivel de contaminación de la microcuenca del Río Machángara.

Mes	Disponibilidad para la Secretaría del Agua (m <sup>3</sup> )	Huella Hídrica promedio por mes (m <sup>3</sup> )	Índice de escasez de agua	Nivel de contaminación
Enero	3067,3023	788,9361	0,3	30%
Febrero	4418,55319	788,9361	0,2	20%
Marzo	4727,51689	788,9361	0,2	20%
Abril	6238,83332	788,9361	0,1	10%
Mayo	3327,8741	788,9361	0,2	20%
Junio	863,609385	788,9361	0,9	90%
Julio	1060,89946	788,9361	0,7	70%
Agosto	822,662389	788,9361	1	100%
Septiembre	1652,76969	788,9361	0,5	50%
Octubre	3774,56861	788,9361	0,2	20%
Noviembre	3711,28688	788,9361	0,2	20%
Diciembre	2884,90204	788,9361	0,3	30%

Elaborado por: P. Guamán, 2018

En la figura 8 se observa que durante los meses de julio y agosto el volumen de agua no abastece a la cuenca para depurar por si sola la contaminación hídrica de la Secretaría del Agua.

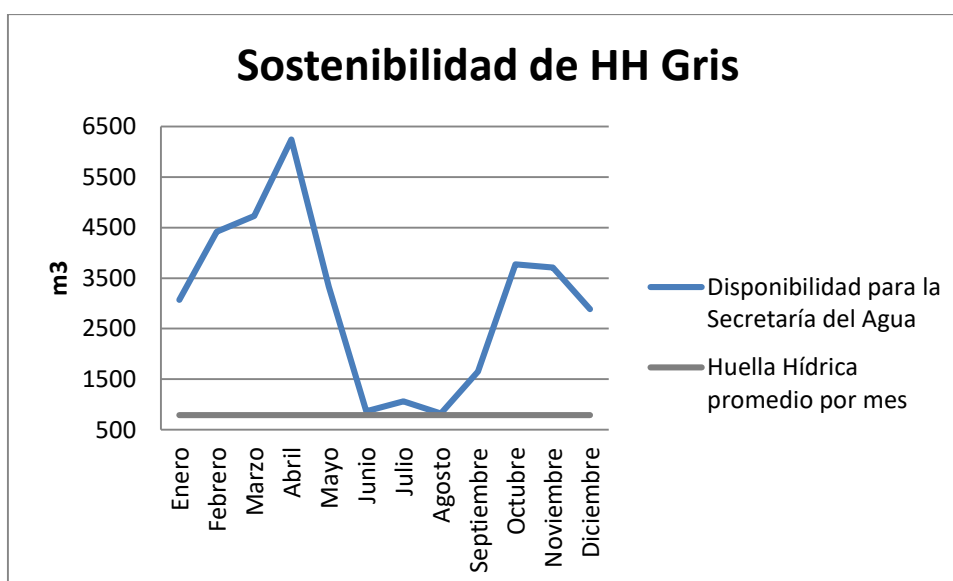


Figura 10 Sostenibilidad Huella Hídrica Gris  
Fuente: INAMHI. Elaborado por: P. Guamán, 2018

# ZONA 17S **MAPA BASE DE LA MICROCUENCAS PITA Y MACHANGARA**

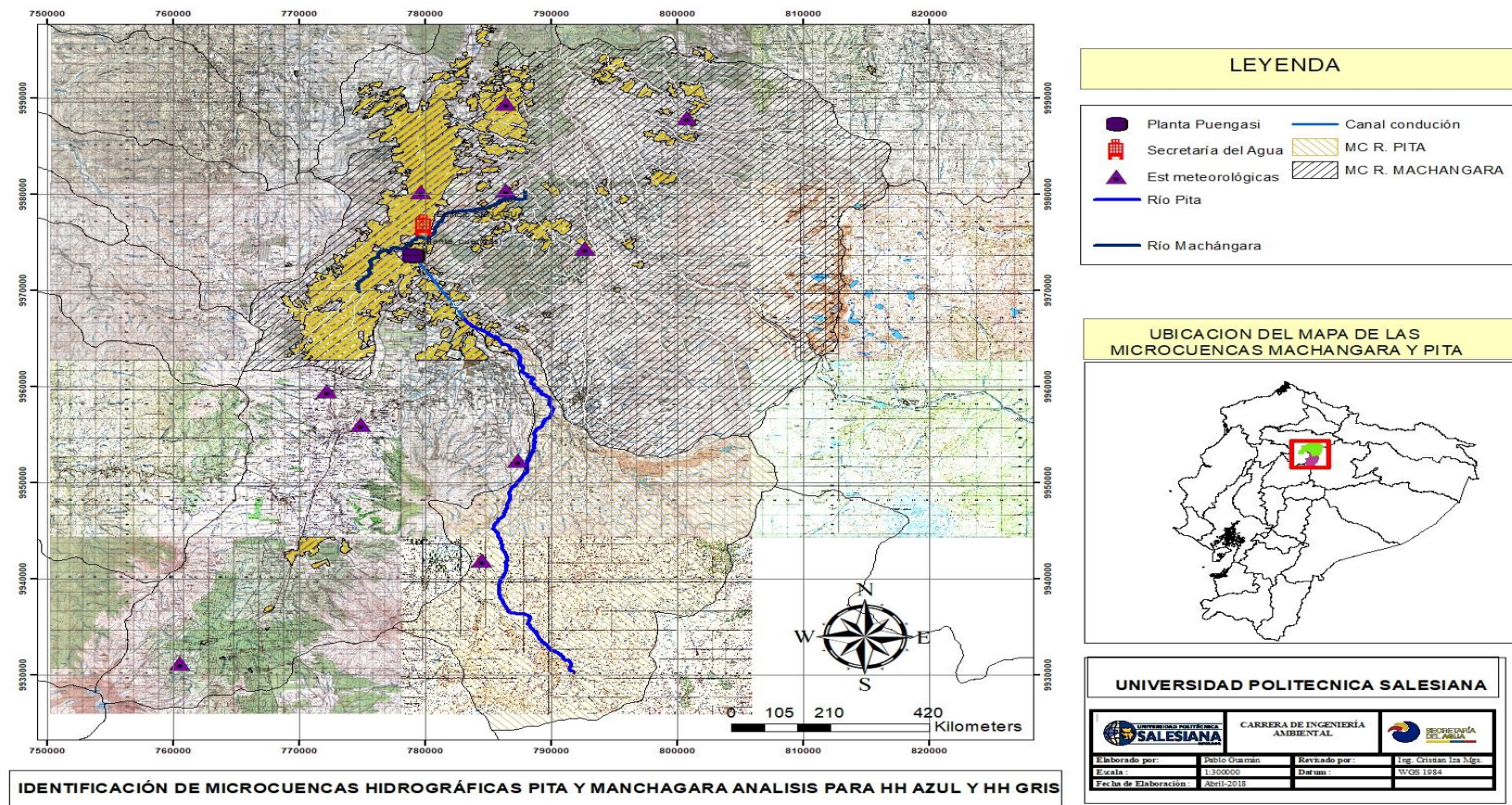


Figura 11 Mapa base microcuencas Pita y Machangara  
Fuente: INAMHI, Secretaría del Agua. Elaborado por: P. Guzmán, 2018

## **5.6 Reducción de descargas**

Para reducir el consumo del agua se colocaron dentro de los 50 inodoros que existen dentro de la Secretaría del Agua, botellas de 1 litro llenas de arena y ripio, el promedio de descargas del baño según las encuestas realizadas fue de cuatro litros por funcionario, en cada descarga se utilizan cerca de 6 litros de agua potable; el promedio de descargas de inodoros por persona dentro de la institución, es decir, que por cada funcionario se desperdicia cerca de 24 litros por día; al día por los 297 funcionarios que existe dentro de la institución se desperdicia un total de 4 728 litros de agua al día.

Con la colocación de las botellas de un litro de agua dentro de los tanques de los inodoros, se ahorrara un total de 788 litros al día; 3 940 litros a la semana; 15 760 al mes y 189 120 litros al año, esto representa un ahorro del 2% del total de efluente de ingreso.

## **Discusión**

Los estudios realizados por Castillo M. (2014), para la Pontificia Universidad Católica del Perú, estimó la huella hídrica de 3'395.836,68 m<sup>3</sup>, para una población de 35 915 personas que laboran y estudian dentro de la Institución con un 62% de huella hídrica indirecta que corresponde en su mayoría a HH de alimentos y un 38% para la huella hídrica directa.

En 2012 para la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile se estimó la Huella Hídrica de 65.816 m<sup>3</sup> con un total del 77% en la HH directa y un 33% para la HH indirecta en una población de 6.569 personas que laboran y estudian dentro de la Universidad.

Entonces la Huella Hídrica de la Secretaría del Agua para una población de 297 funcionarios es de 29.573,18 m<sup>3</sup>/año, con una HH per cápita institucional de 99,57 m<sup>3</sup>/año; mientras que para la Pontificia Universidad Católica del Perú para una población igual a la Secretaría del Agua sería de 28.081,96 m<sup>3</sup>/año, con una HH per cápita institucional de 94.55 m<sup>3</sup>/año; y para la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile sería de 2.975,70 m<sup>3</sup>/año, con una HH per cápita de 10,01 m<sup>3</sup>/año. Esto nos muestra que la HH de la Secretaría del Agua es mayor en una vez a la Universidad Católica de Perú y cinco veces mayor a la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile.

Según la Water Foodprint Network la huella hídrica per cápita mundial es de 1.071 metros cúbicos por año, en el Ecuador la huella hídrica percapita es de 1500 m<sup>3</sup>/año considerando uso del agua 24 horas al día el consumo per cápita para la Secretaría del Agua es de aproximadamente 99,57 m<sup>3</sup> cabe recalcar que esté dato

representa el consumo de agua dentro de la institución, es decir, en el transcurso de las 8 horas laborables diariamente.

Este análisis nos muestra que para la Secretaría del Agua la mayor parte de Huella Hídrica corresponde a la indirecta es principalmente relacionada a la HH de la electricidad debido a que la mayor parte de funciones realizadas dentro de la institución son de carácter administrativo, las cuales requieren de una gran demanda de consumo eléctrico.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- La huella hídrica de la Secretaría del Agua para el año 2017 mediante la metodología propuesta por la Water Footprint Network (WFN) fue de 101.142,74 m<sup>3</sup>; el 8% del total corresponde a la huella hídrica directa mientras que el 92% corresponde a la huella hídrica indirecta. El resultado de la huella hídrica de la Secretaría del Agua comparado con los estudios realizados con las universidades de Perú y Chile dan evidencia que nos encontramos dentro un consumo moderado del recurso hídrico. Mediante el análisis de la sostenibilidad se puede evidenciar que la huella hídrica azul de la institución es sostenible durante los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre ya que se puede observar que el índice de escasez de agua es permisible, siendo insostenible en los meses de junio y septiembre donde el índice de escasez de agua nos muestra que el consumo del agua azul es mayor a la disponibilidad real de la cuenca.
- Los productos y servicios con mayor impacto sobre el recurso hídrico que se utilizan y consumen por parte de la Secretaría del Agua fueron: la electricidad 33%, el agua potable 31%, consumo de papel impresión 4%, consumo de café 31% y té con 7% de huella hídrica.
- Entre las estrategias viables para la optimización del recurso hídrico dentro de la institución fue colocar botellas de un litro de agua llenas dentro de cada uno de los tanques de los 300 baños que existen dentro de la Secretaría del Agua ahorrando al año aproximadamente 482 m<sup>3</sup> tan solo en descargas.

## **6.2 Recomendaciones**

- La evaluación de la huella hídrica a nivel institucional en la Secretaría del Agua Planta Central se puede replicar en las demás Demarcaciones Hidrográficas de la institución.
- Cambiar los tanques de los inodoros por sistema dual los cuales tienen un mecanismo de descarga para sólidos y líquidos modificando así el volumen de descarga de agua ahorrando aproximadamente 2 litros por descarga.
- Una de las huellas hídricas con mayor peso fue la HH de electricidad, para reducir la misma se recomienda aprovechar la iluminación de la luz natural, apagando las luces que no sean necesarias para el desarrollo de las actividades dentro de la institución.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Almeriense, P., & Becerra, A. T. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos water footprint and sustainability of water resources use. *Moa*, 56–86.
- Barranza. (2012). Estimacion de la huella hidrica de la Universidad Tecnologica Metropolitana de Chile, *I*, 1–92.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Castillo, M. (2016). Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014 Tesis para optar por el título de Licenciado / a en Geografía y Medio Ambiente que presenta la Bachiller: Mariana Castillo Valencia Asesora : Dra . Martha Bell.
- CEPAL. (2011). Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador. *Diagnostico de La Informacion Estadistica Del Agua*, 81. Retrieved from <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las Estadisticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf>
- Conagua. (2010). Agenda Azul del Cambio Climático. *Agenda*.
- Conagua. (2011). Agua en el mundo. *Estadisticas Del Agua En México*, 113–126. Retrieved from [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo\\_8.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_8.pdf)
- Cortés, F., & López, M. (2007). Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA Nota técnica, (4), 121–132. Retrieved from <http://hdl.handle.net/123456789/1333>



- EPMAPS. (2016). DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN La reproducción parcial o total debe citar como fuente a la EPMAPS-AGUA DE QUITO, 1, 43. Retrieved from <http://www.aguaquito.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/MEMORIA-DE-SOSTENIBILIDAD-AGUA-DE-QUITO-2016.pdf>
- FCH, F. C. (2016). Manual de aplicación para evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046, 108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.048>
- FFLA. (2012). Diagnóstico de gobernanza del agua de la microcuenca del río Pita. Retrieved from [http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103_recurso_1.pdf)
- Garrido, G., & Aldaya, B. M. M. (2015). El enfoque norma ISO 14046, 1–25.
- Gaybor, A. (2010). Acumulación Capitalista en el Campo y Despojo de Agua, *Primera Ed*, 31. Retrieved from <http://www.camaren.org/documents/acumulacion.pdf>
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Febrero 2011*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.048>
- Karen, A. N. A., & Luna, E. (2015). EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA, MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, ECUADOR.
- Llamas Madurga, M. R. (2005). Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. *Real Academia Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 99(2), 369–389.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water


- footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). The blue water footprint of electricity from hydropower. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1), 179–187. <https://doi.org/10.5194/hess-16-179-2012>
- Osorio, A. (ed). (2013). Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. *Serie Actas*, N° 50, 211.
- Rodrigues, D. (2013). This article has been accepted for publication and undergone full peer review but has not been through the copyediting , typesetting , pagination and proofreading process which may lead to differences between this version and the Version of Record . Pleas. *Earth Surface Processes and Landforms*. <https://doi.org/10.1002/esp.4146>
- Senagua. (2010). Línea Base Para El Monitoreo De La Calidad De Agua De Riego En La Demarcación Hidrográfica Del Guayas, 37.
- SISS. (2012). Manual para el consumo responsable de agua potable, 8. Retrieved from [http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-9103_recurso_1.pdf)
- Snyder, S. A. (2014). Emerging chemical contaminants: Looking for greater harmony. *Journal - American Water Works Association*, 106(8), 38–52. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0126>
- Unesco, & United, T. (2009). Water in a Changing World. *World Water*, 11(4), 349. <https://doi.org/10.3390/w3020618>
- Van Oel, P. R., & Hoekstra, A. Y. (2012). Towards Quantification of the Water

Footprint of Paper: A First Estimate of its Consumptive Component. *Water Resources Management*, 26(3), 733–749. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9942-7>

Velázquez, E. (2008). El agua virtual., 61–80. Retrieved from <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/cuaderno-interdisciplinar-de-desarrollo-sostenible-cuides/1/1-501.pdf>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1 Encuesta realizada vía online



ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

[Cargar encuesta sin terminar](#) [Salir y borrar la encuesta](#)

### ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

La presente encuesta tiene como objetivo realizar el cálculo de la huella hídrica de la Secretaría del Agua Planta Central Quito, los datos obtenidos se mantendrán en absoluta confidencialidad y serán usados para estudios de investigación.

Hay 14 preguntas en esta encuesta.

Siguiente

#### Huella Hídrica

♀

Femenino

♂

Masculino

Indique a qué Subsecretaría pertenece

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Subsecretaría Técnica de los Recursos Hídricos

☐ Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento

☐ Subsecretaría de Riego y Drenaje

☐ Subsecretaría Social y de Articulación del Recurso Hídrico

☐ Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica

☐ Coordinación General Jurídica

☐ Coordinación General Administrativa Financiera

☐ Subsecretaría General

☐ Despacho

☐ Otro:

Grado ocupacional (no profesional)

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Servidor Público de Servicios 1

☐ Servidor Público de Servicios 2

☐ Servidor Público de Apoyo 1

☐ Servidor Público de Apoyo 2

☐ Servidor Público de Apoyo 3

☐ Servidor Público de Apoyo 4

☐ Otro:

☒ Sin respuesta

Grado Ocupacional (profesional)

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Servidor Público 1

☐ Servidor Público 2

☐ Servidor Público 3

☐ Servidor Público 4

☐ Servidor Público 5

☐ Servidor Público 6

☐ Servidor Público 7

☐ Nivel Jerárquico Superior 1

☐ Nivel Jerárquico Superior 2

☐ Nivel Jerárquico Superior 3

☐ Nivel Jerárquico Superior 4

☐ Nivel Jerárquico Superior 5

☐ Nivel Jerárquico Superior 6

☐ Nivel Jerárquico Superior 7

☐ Nivel Jerárquico Superior 8

☐ Nivel Jerárquico Superior 9

☐ Nivel Jerárquico Superior 10

☒ Sin respuesta

Rango de edad

Seleccione una de las siguientes opciones


☐ 18-25

☐ 26-35

☐ 36-45

☐ 46-55

☐ 55 en adelante


**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA**

Continuar después Salir y borrar la encuesta

**¿Cuántos litros de agua toma diariamente?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1 litro  
☐ 2 litros  
☐ 3 litros  
☐ 4 litros o más  
☒ 6 veces un litro

**¿Cuántas tazas de café toma diariamente?**


Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Ninguna  
☐ 1 taza  
☐ 2 tazas  
☐ 3 tazas  
☐ 4 tazas  
☐ 5 tazas en adelante  
☒ 1 taza 230 ml

**¿Cuántas tazas de té toma diariamente?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Ninguna  
☐ 1 taza  
☐ 2 tazas  
☐ 3 tazas  
☐ 4 tazas  
☐ 5 tazas en adelante  
☒ 1 taza 230 ml


**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA**

Continuar después Salir y borrar la encuesta

**¿Cuántas veces cepillas sus dientes dentro de su jornada laboral?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1 vez  
☐ 2 veces  
☐ 3 veces o más

**¿Cuántas veces vas al baño dentro de su jornada laboral?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5  
☐ 6 en adelante

**¿Cuántas veces durante el día descarga el tanque del inodoro o urinario en los baños de la institución?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1 vez  
☐ 2 veces  
☐ 3 veces  
☐ 4 veces  
☐ 5 veces  
☐ más de 5 veces

**¿Cuántas veces lava sus manos dentro de su jornada laboral?**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1-3  
☐ 3-6  
☐ 6-10

**¿Cuánto tiempo tarda en lavarse las manos aproximadamente dentro de la institución? (en segundos)**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ Menos de 15 segundos  
☐ 15 segundos  
☐ 30 segundos  
☐ 45 segundos  
☐ más de 45 segundos

**¿Cuántas veces lava los vehículos a la semana dentro de la institución? (solo responde p/ll de conductores)**

Seleccione una de las siguientes opciones

☐ 1 vez  
☐ 2 veces  
☐ 3 veces  
☒ Sin respuesta

Enviar

## Anexo 2 Balance Nacional de Energía Eléctrica 2017



# Balance Nacional de Energía Eléctrica a diciembre 2017

1. Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica		MW	%
<b>Energía Renovable</b> 	Hidráulica	4,515.96	56.19%
	Eólica	21.15	0.26%
	Fotovoltaica	26.48	0.33%
	Biomasa	144.30	1.80%
	Biogas	7.26	0.09%
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>4,715.15</b>	<b>58.67%</b>
<b>No Renovable</b> 	Térmica MCI	1,937.48	24.11%
	Térmica Turbogas	921.85	11.47%
	Térmica Turbovapor	461.87	5.75%
<b>Total Energía No Renovable</b>		<b>3,321.19</b>	<b>41.33%</b>
<b>Total Potencia Nominal</b>		<b>8,036.34</b>	<b>100.00%</b>

## Anexo 3 Ubicación de la última caja de revisión para toma de muestras



Anexo 4 Toma de muestras



Anexo 5 Resultados de laboratorio del CICAM



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**  
Campus Politécnico "José Roldán Orellana Riquelme" • Calle Laclay de Cuervo E. 11-233  
Tel.: (+593-2) 2976086 • 2976086 Ext.: 2011 • Línea directa: (+593-2) 2418864 • Agendado: 17-81-2750 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito - Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**  
Quito, 07 de marzo de 2018

**DATOS DE CLIENTE**

Solicitado por: **RUAN PABLO GUAMÁN**

Atención:  
Dirección: **LOGIA**

Identificación de la muestra: **ninguna**

Fecha de recolección: **2018-02-26**

Responsable del muestreo: **Cliente**

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: **MS-18-208**

Fecha de ingreso al Laboratorio: **2018-02-26**

**No. IRSI-208**  
**Ref. ST18-51**

Teléfono: **072108099**

Origen/ lugar de muestreo: **descarga doméstica, caja de revisión de la Secretaría del Agua Quito**

Tipo de muestra: **Agua residual**

Tipo de envase: **Plástico**

Uso refrigerado: **No**

Se utilizó preservante: **No**

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE Absoluta (Límite)	***LÍMITE Carga de agua	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	mg/L	12	170	100	2018-03-01	PS-06 (MPSA 5200-36)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	273	350	180	2018-02-27	PS-01 (MPSA 5200-06)

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación

\*\*\*Límites máximos permitidos por cuerpo receptor - Anexo 1, Tabla A1, OM 138 (exp. 2016)

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.



Revisado por: Quim. César Yambay  
RESPONSABLE TÉCNICO



**CICAM**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL  
• EPN •

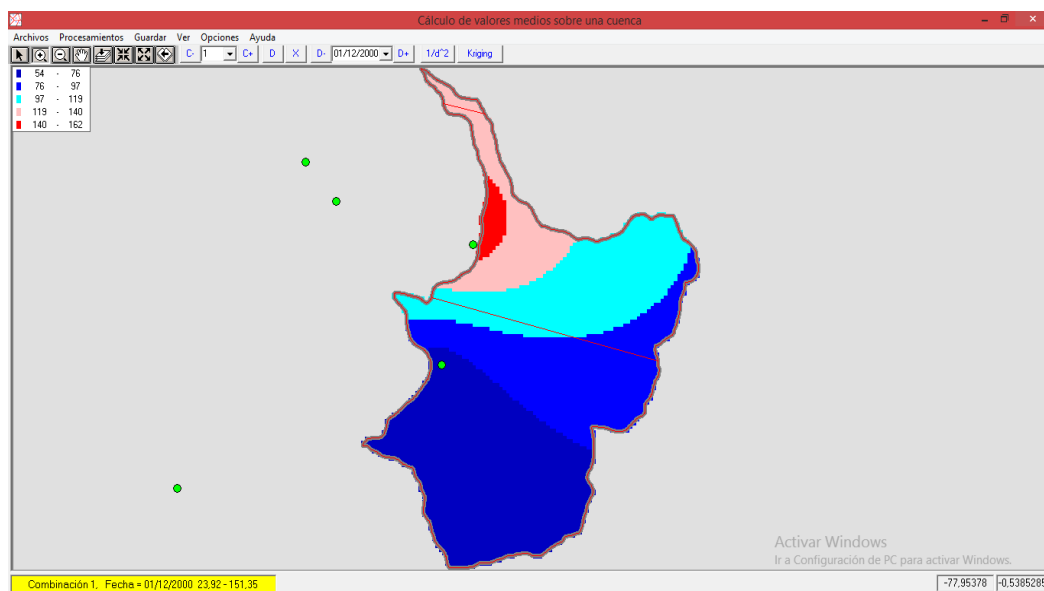


Aprobado por: Ing. Carla Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO

## Anexo 6 Pruebas en laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana

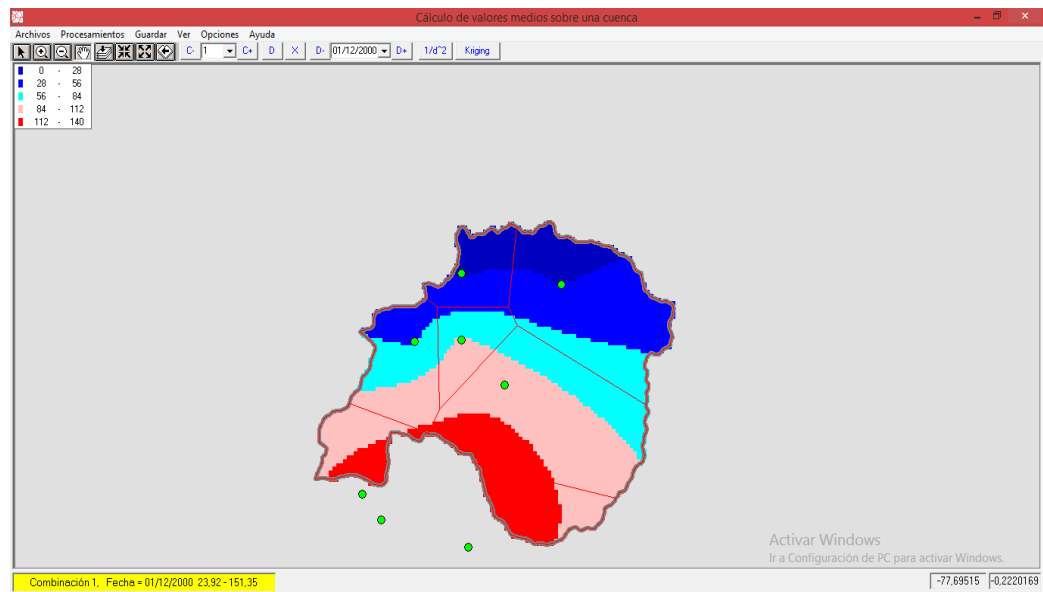


## Anexo 7 Análisis en software Hydraccess precipitación de la microcuenca Río Pita





## Anexo 8 Análisis en software Hydraccess precipitación de la microcuenca Río Machangara



## Anexo 9 Sistema simple ahorro de agua



---

**DESCARGAS INODOROS POR FUNCIONARIOS**

---

Gasto total sin el sistema	1710,72
Gasto total con el sistema	1283,04
Ahorro	427,68

---

**DESCARGAS INODOROS POR ASEO**

---

Gasto total sin el sistema	216
Gasto total con el sistema	162
Ahorro	54

---

<b>AHORRO TOTAL AL AÑO</b>	<b>481,68 m3</b>
<b>AHORRO ECONÓMICO</b>	<b>\$ 346,81</b>

---

Anexo 11 Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas pertenecientes a las microcuencas Pita y Machángara

<b>Nombre</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
<b>TOLA</b>	792613,20	9974353,20	80,85	152,48	165,95	224,75	116,25	26,93	36,55	29,78	75,58	161,13	157,68	101,13
<b>IZOBAMBA</b>	772144,90	9959527,30	131,61	153,26	177,74	212,19	138,09	40,06	50,66	37,11	53,96	143,86	118,54	128,94
<b>INAMHI</b>	779641,60	9980273,10	81,70	120,60	131,70	176,12	82,55	26,20	37,43	26,88	43,53	122,33	110,15	53,08
<b>UYUMBICHO</b>	774831,50	9956048,10	152,62	164,63	210,43	121,57	122,33	42,33	34,28	42,32	99,95	120,88	102,68	137,80
<b>QUINCHE</b>	800768,30	9987975,60	37,45	35,38	37,90	52,10	40,52	7,02	14,93	5,08	22,93	32,64	29,94	27,65
<b>CALDERON</b>	786351,30	9989452,10	53,01	54,76	75,21	142,72	55,17	16,47	16,03	19,28	20,50	83,63	59,30	23,92
<b>YARUQUI</b>	784483,40	9941882,80	56,63	76,19	77,80	121,62	63,28	15,22	24,13	27,05	41,97	63,23	67,22	62,56
<b>RUMIPAMBA</b>	787339,60	9952304,20	178,99	247,78	238,38	289,42	138,17	43,88	29,05	31,48	28,73	101,23	132,92	151,35
<b>NAYON</b>	786385,30	9980414,50	89,54	113,52	144,75	157,34	99,95	28,51	34,77	28,23	59,19	116,17	103,80	89,72
<b>ILLINIZA</b>	760492,40	9931120,90	83,12	105,53	114,81	152,64	79,42	22,22	23,78	22,23	34,66	79,38	78,63	71,04